

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

SKRIPSI – ME141501

**ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN HIDROFOIL PADA KAPAL
TENAGA SURYA : STUDI KASUS KAPAL JALAPATIH III**

Jangka Rulianto
NRP 04211440000079

Dosen Pembimbing

Irfan Syarif Arief, ST., MT.

Ir. Agoes Santoso, M.Sc, M.Phil

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN HIDROFOIL PADA KAPAL TENAGA SURYA : STUDI KASUS KAPAL JALAPATIH III

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Marine Manufacturing and Design
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Jangka Rulianto

NRP 042115440000079

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Irfan Syarif Arief, ST., MT.

NIP. 196912251997021001

Ir. H. Agoes Santoso, M.Sc, M.Phil

NIP.- 1968 0928 1991 02 1001



SURABAYA, JANUARI 2018

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN HIDROFOIL PADA KAPAL TENAGA SURYA :STUDI KASUS KAPAL JALAPATIH III

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Marine Manufacturing and Design
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

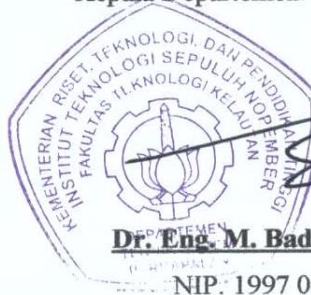
Oleh :

Jangka Rulianto

NRP 04211440000079

Disetujui Oleh

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.
NIP. 1997 08022008 01 1007

Surabaya, Januari 2018

Analisa Pengaruh Penambahan Hydrofoil Pada Kapal Tenaga Surya Studi Kasus : Jalapatih

Nama Mahasiswa	:Jangka Rulianto
NRP	:04211440000079
Pembimbing 1	:Irfan Syarif Arief, ST., MT.
Pembimbing 2	:Ir. Agoes Santoso, M.Sc.

ABSTRAK

Dalam upaya memajukan Indonesia dalam sektor maritime maka diperlukan penelitian yang mendalam terkait faktor yang mendukung terwujudnya Indonesia yang berbasis pada sektor maritim .salah satu penelitian yang mendukung terwujudnya Indonesia dibidang maritime adalah penelitian terkait kapal. Kapal merupakan salah satu alat transportasi yang digunakan untuk memajukan industri maritim di Indonesia. Penelitian terkait pengembangan efisiensi kapal telah banyak dilakukan , salah satu diantaranya adalah penggunaan *hydrofoil* untuk memberikan gaya angkat pada kapal sehingga lambung kapal berada diatas air dan tahanan akibat lambung kapal dapat dikurangi secara signifikan.Prinsip kerja dari *hydrofoil* ini adalah *hydrofoil* yang memiliki sudut serang akan bergesekan dengan aliran fluida sehingga menghasilkan gaya hambat searah sumbu-x dan gaya angkat kapal searah sumbu-y.Pada penulisan tugas akhir ini penulis menganalisa mengenai pengaruh kecepatan kapal terhadap gaya angkat kapal *hydrofoil type-u* ,posisi peletakan *hydrofoil* yang sesuai berdasarkan titik berat kapal,serta karakteristik penurunan hambatan kapal akibat penggunaan *hydrofoil*.Adapun dalam penelitian ini peneliti menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD).

Kata kunci : Hydrofoil,, Gaya Angkat, CFD

Analysis Of Effect Addition Hydrofoil In Solar Power Boat: Case Study Jalapatih III

Student Name	:Jangka Rulianto
NRP	:04211440000079
Supervisor 1	:Irfan Syarif Arief, ST., MT.
Supervisor 2	:Ir. Agoes Santoso, M.Sc.

ABSTRACT

In an effort to promote Indonesia in the maritime sector, deep research is needed related to factors that support the realization of Indonesia based on the maritime sector. One study that supports the realization of Indonesia in the field of maritime is a ship related research. The ship is one of the means of transportation used to promote the maritime industry in Indonesia. The research related to the development of the power of the ship has been done, one of them is the use of hydrofoil to provide lift force on the ship so that the hull of the ship is above the water and the resistance due to the hull of the ship can be reduced significantly. The working principle of this hydrofoil is hydrofoil which produces the lift force in direction of the x-axis direction and lifting force in the direction of the y-axis direction. In this thesis the authors analyze the effect of velocity of the vessel to the *hydrofoil* lift-type vessel type u, the appropriate *hydrofoil* laying position based on the weight of the ship, as well as the characteristics of decreased ship resistance due to the use of hydrofoil. As for in this study using *Computational Fluid Dynamics (CFD)* method .

Keywords: CFD, Force Lift, Hydrofoil.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	I
DAFTAR ISI	42
DAFTAR GAMBAR	44
BAB I PENDAHULUAN	45
1.1. LATAR BELAKANG	45
1.2. PERUMUSAN MASALAH	46
1.3. BATASAN MASALAH	46
1.4. TUJUAN PENULISAN	46
1.5. MANFAAT PENULISAN	46
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	47
2.1. GAMBARAN KAPAL HYDROFOIL	47
2.2. KARAKTERISTIK HYDROFOIL NACA	48
2.3. SERI-SERI DIGIT NACA	49
2.4. KONSEP GAYA ANGKAT DAN GAYA HAMBAT	50
2.5. JENIS JENIS <i>HYDROFOIL</i>	55
2.6. METODE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS	56
2.7. KAPAL TENAGA SURYA JALAPATIH III	57
BAB III METODE PENELITIAN	58
3.1. DEFINISI MASALAH	59
3.2. STUDI LITERATUR DAN PENGAMBILAN DATA	59
3.5. PEMBUATAN MODEL LAMBUNG KAPAL	59
3.6. ANALISA HIDROSTATIS KAPAL	60
3.7. ANALISA LONGITUDINAL STENGHT	60
3.8. PENEMPATAN HYDROFOIL PADA LAMBUNG KAPAL	60
3.9. ANALISA GAYA ANGKAT PADA SETIAP KECEPATAN	60
3.10. ANALISA SARAT AIR DISETIAP KECEPATAN KAPAL	60
3.11. ANALISA HAMBATAN DISETIAP KECEPATAN DAN SARAT AIR	60
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	61
4.1. <i>Umum</i>	61
4.2. PENENTUAN DIMENSI HYDROFOIL	62
4.3. PEMBUATAN MODEL LAMBUNG KAPAL	68
4.4. ANALISA HIDROSTATIS KAPAL	70
4.5. <i>Analisa Longitudinal Strenght</i>	72
4.6. <i>Penempatan Hydrofoil Pada Lambung Kapal</i>	74
4.7. <i>Analisa gaya angkat pada setiap kecepatan kapal</i>	75
4.8. <i>Analisa Sarat Air Disetiap Kecepatan Kapal</i>	76
4.8. <i>Analisa Hambatan Disetiap Kecepatan Sarat Air</i>	80

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	83
5.1. KESIMPULAN	83
5.2. SARAN	83
DAFTAR PUSTAKA	84
BIOGRAFI.....53
LAMPIRAN	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Konfigurasi Koordinat Foil	67
Gambar 2 Model Foil NACA 23021.....	67
Gambar 3 Model Foil NACA 23021 dan Strud NACA 63021	68
Gambar 4 Grafik Hydrostatis Kapal Jalapatih III.....	71
Gambar 5 Hasil Meshing	75
Gambar 6 Hasil Meshing	75

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di era yang modern ini, kebutuhan akan kendaraan laut yang memiliki efisiensi waktu yang tinggi sangat dibutuhkan oleh masyarakat guna memudahkan mobilitas barang dan penumpang. Seiring tumbuhnya industri perkapalan yang semakin maju, maka semakin banyak pula teknologi yang digunakan agar kapal yang dibuat memiliki tingkat efisiensi waktu yang tinggi. Ada banyak metode yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan kapal dengan efisiensi waktu yang tinggi yaitu dengan cara membuat variasi lambung, meningkatkan daya mesin, meningkatkan efisiensi sistem propulsi, serta penggunaan *hydrofoil*.

Tahanan kapal dapat dikurangi dengan memfariasikan desain bentuk lambung kapal yang lebih ramping serta penambahan *hydrofoil* pada lambung kapal agar bagian lambung kapal yang bergesekan dengan air dapat dikurangi secara signifikan. Penambahan *hydrofoil* pada lambung kapal sebagai upaya pengurangan tahanan kapal menjadi fokus utama dalam penelitian ini. Penggunaan *hydrofoil* dimaksudkan agar mendapat tahanan kapal minimum sehingga kecepatan kapal yang diinginkan dapat tercapai.

Pengkajian pada penelitian pertama memberikan informasi mengenai dimensi *hydrofoil* yang dihitung dengan menggunakan persamaan foil, pemilihan foil serta sudut foil mengacu pada penelitian sebelumnya.

Penelitian kedua mengenai kordinat peletakan *hydrofoil* yang mengacu pada perhitungan persebaran titik berat dari kapal serta perhitungan longitudinal strenght.

Penelitian ketiga mengenai Analisa gaya angkat yang dihasilkan *hydrofoil* disetiap kecepatan kapal.

Penelitian keempat mengenai perhitungan sarat air disetiap kecepatan setelah kapal menggunakan *hydrofoil*.

Penelitian kelima mengenai analisa hambatan kapal disetiap kecepatan setelah kapal mendapatkan gaya angkat dari *hydrofoil*.

Keuntungan dari optimasi ini dapat diketahui pengaruh penambahan *hydrofoil* terhadap perubahan sarat air pada kapal, serta pengurangan daya akibat penambahan *hydrofoil* pada kapal.

1.2. Perumusan Masalah

Dari uraian yang disampaikan di atas, maka permasalahan yang menjadi bahan analisa dalam tugas akhir ini adalah :

- 1.2.1 Berapakah dimensi foil optimum yang digunakan
- 1.2.2 Dimanakah koordinat peletakan hydrofoil kapal yang optimum berdasarkan titik berat kapal
- 1.2.3 Berapakah gaya angkat yang dihasilkan foil disetiap kecepatan kapal
- 1.2.4 Berapakah sarat air disetiap kecepatan
- 1.2.5 Berapakah hambatan disetiap kecepatan

1.3. Batasan Masalah

- 1.3.1 Kapal yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapal Jalapatih III
- 1.3.2 Penelitian ini menggunakan pendekatan CFD
- 1.3.3 Pada penelitian kali ini peneliti tidak memperhatikan Analisa kekuatan dari hydrofoil ekonomis

1.4. Tujuan Penulisan

Untuk menjawab rumusan masalah di atas, pada penulisan tugas akhir ini mempunyai tujuan sebagai berikut :

- 1.4.1 Mengetahui dimensi foil optimum yang digunakan
- 1.4.2 Mengetahui koordinat peletakan hydrofoil kapal yang optimum berdasarkan titik berat kapal
- 1.4.3 Mengetahui gaya angkat yang dihasilkan foil disetiap kecepatan kapal
- 1.4.4 Mengetahui sarat air disetiap kecepatan
- 1.4.5 Mengetahui hambatan disetiap kecepatan

1.5. Manfaat Penulisan

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah :

- 1.5.1 Dapat mengetahui analisa hasil design hydrofoil serta dampaknya terhadap performa kapal
- 1.5.2 Dapat mengetahui perbandingan pengaruh variasi perubahan kecepatan kapal terhadap gaya angkat yang dihasilkan oleh hydrofoil.
- 1.5.3 Dapat digunakan sebagai referensi penelitian selanjutnya dalam rangka pengembangan bidang teknologi maritim

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gambaran Kapal Hydrofoil

Hydrofoil merupakan sebuah teknologi paling revolusioner dibidang maritime. Teknologi ini merupakan teknologi gabungan antara bidang keilmuan Teknik system perkapalan dengan keilmuan Teknik penerbangan . ilmu perkapalan diterapkan khususnya dalam hal design dari lambung serta system propulsi yang digunakan pada kapal, sedangkan ilmu penerbangan diterapkan pada bagian design foil maupun design system control pada foil. Kapal hydrofoil merupakan sebuah kapal dengan bagian seperti sayap yang dipasang pada bagian dibawah dari lambung yang tercelup air. Teknologi hydrofoil pada awal penggunaanya menggunakan design berbenuk U . hydrofoil jenis ini dikenal dengan surface piercing karena sebagian dari foil akan terangkat ke permukaan air. kelebihan dari hydrofoil type u ini adalah bentuknya yang sederhana serta tidak membutuhkan system control yang rumit. Hydrofoil modern menggunakan foil berbentuk-T yang keseluruhannya berada di bawah air. Hydrofoil merupakan kendaraan air sebagai hasil rekayasa yang paling revolusioner di bidang maritim. Pada prinsipnya hydrofoil itu sama dengan kapal laut. Bedanya, hydrofoil dapat meluncur dengan cepat dan mempunyai sayap yang dapat melintasi air. Sayap kendaraan ini disebut foil atau hydrofoil (berarti 'sayap air'). Bentuk sayap ini mirip dengan sayap udara (*airfoil*) sebuah pesawat terbang. Sayap pada hydrofoil melekat pada topangan yang membentang kebawah dari lambung kapal. Ada dua pasang foil dalam kendaraan ini. Satu pasang diletakkan di pusat gravitasi kapal dan sepasang foil lainnya diletakkan dekat bagian belakang kapal. Pada saat meluncur dengan kecepatan rendah atau sedang, hydrofoil tampak seperti sebuah kapal konvensional yang badannya masuk ke dalam air. Terlepas dari keuntungan yang signifikan dalam hal kecepatan , *hydrofoils* unggul dalam hal manuver dan lebih stabil dibandingkan kapal konvensional . Ternyata pada foil yang dibuat dengan kemiringan tertentu, membantu menyeimbangkan kekuatan sentrifugal [1].



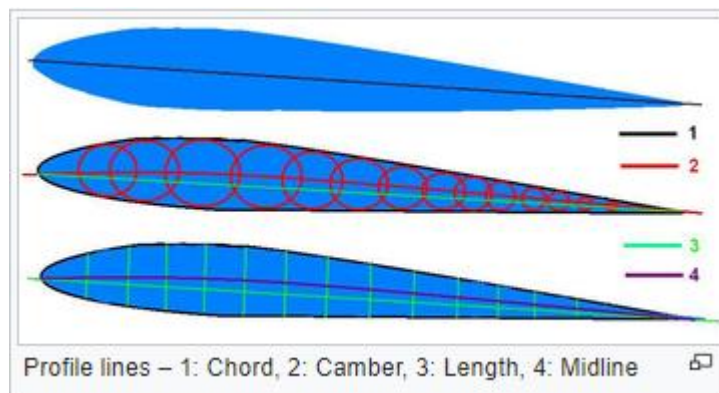
Gambar 1 .Kapal Hydrofoil

2.2. Karakteristik Hydrofoil NACA

Hydrofoil merupakan suatu bentuk sayap atau sudu (dari rotor, baling-baling atau turbin) yang memiliki sifat dan tujuan yang menyerupai *airfoil*. Perbedaan antara hydrofoil dan *airfoil* hanyalah media kerjanya. Hydrofoil bekerja pada aliran air sedangkan *airfoil* bekerja pada aliran udara.

NACA (*National Advisory Committee for Aeronautics*) *airfoil* adalah salah satu bentuk hidrodinamika sederhana yang berguna untuk dapat memberikan gaya angkat tertentu terhadap suatu bentuk badan lain dan dengan penyelesaian matematis sangat memungkinkan untuk memprediksi berapa besarnya gaya angkat yang dihasilkan oleh suatu bentuk *airfoil*. Geometri *airfoil* memiliki pengaruh besar terhadap karakteristik hidrodinamika dengan parameter penting berupa CL (Coefficient Lift), dan kemudian akan terkait dengan *lift* (gaya angkat yang dihasilkan).

NACA merupakan salah satu referensi untuk pemilihan *airfoil* yang populer saat ini. Pengujian yang dilakukan NACA lebih sistematis dengan membagi pengaruh efek kelengkungan dan distribusi ketebalan serta pengujiannya dilakukan pada berbagai nilai bilangan Reynold. *Airfoil* NACA mempunyai parameter-parameter dalam bentuknya. Gambar dibawah menunjukkan komponen parameter geometri *airfoil* NACA.[2]



Gambar 3: Bagian Naca Foil

2.3. Seri-seri Digit NACA

- Seri empat digit

Untuk jenis NACA seri empat digit, pengertian angka-angkanya adalah:

1. Digit pertama menyatakan persen maksimum chamber terhadap chord.
2. Digit kedua menyatakan persepuluh posisi maksimum chamber pada chord dari leading edge.
3. Dua digit terakhir menyatakan persen ketebalan airfoil terhadap chord.

Contoh dari penomoran ini adalah airfoil NACA 2412, ini berarti airfoil memiliki maksimum chamber 0.02 terletak pada 0.4c dari leading edge dan memiliki ketebalan maksimum 12% chord atau 0.12c.

- Seri 5 digit

Garis kelengkungan rata-rata (mean chamber line) seri ini berbeda dibanding seri empat digit. Perubahan ini dilakukan dalam rangka menggeser maksimum chamber kedepan sehingga dapat meningkatkan CL max. Untuk jenis NACA seri lima digit ini, pengertian angka-angkanya adalah:

1. Digit pertama dikalikan 3/2 kemudian dibagi sepuluh memberikan nilai desain koefisien *lift*.
2. Dua digit berikutnya merupakan persen posisi maksimum chamber terhadap chord.
3. Dua digit terakhir merupakan persen ketebalan/thickness terhadap chord.

Selain seri empat digit dan lima digit NACA masih memiliki klasifikasi seri yang lain, yaitu NACA Seri-1 (Seri 16), NACA Seri 6, NACA Seri 7 dan NACA Seri 8. Beberapa kelebihan dan kekurangan dari masing-masing tipe airfoil antara lain sebagai berikut :

Tabel 1 Perbandingan Karakteristik Seri Airfoil NACA

Seri	Kelebihan	Kekurangan
4-Digit	Memiliki Karakteristik <i>stall</i> yang baik	Kebanyakan mempunyai koefisien <i>lift</i> yang rendah
	Pusat dari pergerakan tekanan kecil	Mempunyai <i>drag</i> yang relatif tinggi
	Tidak terlalu terpengaruh oleh kekasaran	
	Memiliki koefisien maksimum yang tinggi	Momen <i>pitching</i> besar
5-Digit	Maksimum koefisien <i>lift</i> yang tinggi	Kelakuan <i>stall</i> yang buruk
	Momen <i>pitching</i> rendah	Mempunyai gaya <i>lift</i> yang relatif kecil
	Tidak terpengaruh oleh kekasaran	
6-Digit	<i>Drag</i> sangat rendah jika airfoil bekerja pada daerah operasi	<i>Drag</i> sangat besar jika airfoil bekerja di luar daerah operasi
	Maksimum koefisien <i>lift</i> yang tinggi	Momen <i>pitching</i> besar
	Cocok untuk kecepatan angin tinggi	Sangat rentan oleh kekasaran

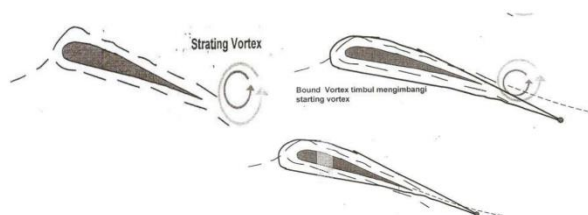
7-Digit	<i>Drag</i> sangat rendah jika airfoil bekerja pada daerah operasi	Pengurangan koefisien <i>lift</i> maksimum
	Momen <i>pitching</i> rendah	Kelakuan <i>stall</i> yang buruk
16-Digit	Menghindari terjadinya puncak tekanan rendah	Mempunyai gaya <i>lift</i> yang relatif kecil
	Gaya <i>drag</i> rendah pada kecepatan tinggi	

Kuncoro, 2012

2.4. Konsep gaya angkat dan gaya hambat

Gaya angkat pada airfoil bergantung pada koefisien gaya angkat yang dihasilkan oleh airfoil tersebut. Koefisien gaya angkat, Lift Coefficient (CL) dipengaruhi oleh desain bentuk chamber dari airfoil. CL yang dihasilkan oleh suatu airfoil bervariasi secara linear dengan sudut serang (α) tertentu. Kemiringan garis ditandai dengan a_0 yang disebut *lift slope*. Pada daerah ini aliran udara bergerak dengan mulus dan masih menempel pada hampir seluruh permukaan airfoil. Semakin bertambah besar α , aliran udara cenderung untuk separasi dari permukaan atas airfoil, membentuk ulakan besar “*dead air*” di belakang airfoil. Pada aliran separasi ini, aliran udara berputar dan sebagian aliran bergerak ke arah yang berlawanan dengan aliran freestream disebut juga *reversed flow*.

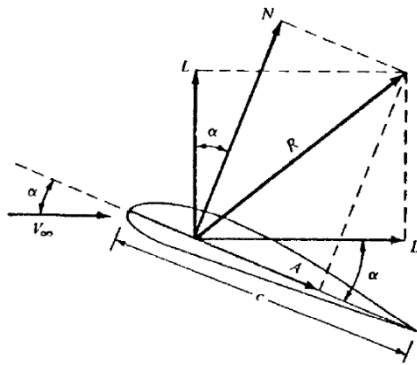
Aliran yang berpisah merupakan efek dari viskositas. Konsekuensi dari perpisahan aliran pada α tinggi adalah pengurangan gaya angkat dan bertambah besarnya gaya hambat akibat pressure *drag*, kondisi ini disebut kondisi *stall*. Nilai maksimum dari CL berada tepat sebelum kondisi *stall* yang dilambangkan dengan max CL. Max CL merupakan aspek paling penting dari performa airfoil, karena menentukan kecepatan *stall* pesawat udara khususnya saat fasa terbang kritis yaitu terbang, tinggal landas, dan mendarat.



Gambar 1 Proses terbentuknya gaya angkat

Ketika sebuah benda apapun bergerak melalui sebuah fluida akan terjadi interaksi antara benda dengan fluida. Efek ini dapat digambarkan dalam bentuk gaya-gaya pada pertemuan antar-muka fluida benda.

Sudut serang (α) juga merupakan sudut antara gaya *lift* (L) dan gaya normal (N) dan gaya *drag* (D) dan gaya aksial (A).



Gambar 2 Resultan gaya aerodinamik pada hydrofoil

Resultan dari tegangan geser dan distribusi tekanan dapat diperoleh dengan mengintegrasikan pengaruh-pengaruh dari kedua besaran ini pada permukaan benda. Komponen x dan y dari gaya fluida pada elemen luas kecil sebesar dA adalah

$$dF_x = (pdA) \cos \Theta + (\tau_w dA) \sin \Theta \quad (2.1)$$

dan

$$dF_y = -(pdA) \sin \Theta + (\tau_w dA) \cos \Theta \quad (2.2)$$

F_x : Gaya Horizontal (N)

F_y : Gaya Vertikal (N)

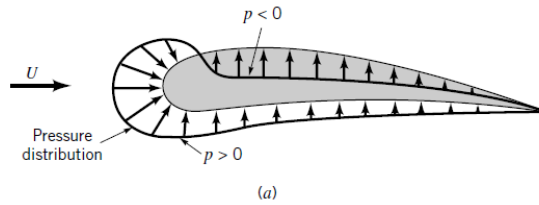
p : Tekanan (Pa)

A : Luas Acuan (m^2)

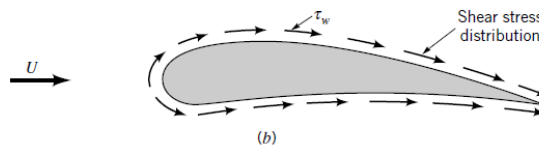
Θ : Sudut Benda dengan bidang

τ_w : Tegangan geser dinding (Pa)

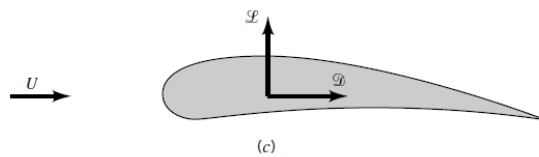
Jadi, komponen x dan y netto dari gaya pada benda adalah



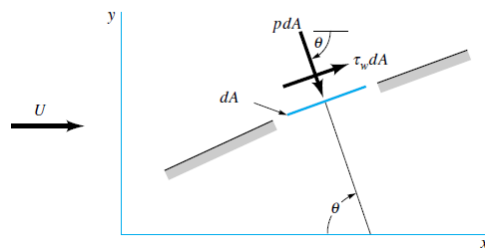
Gambar 3 Distribusi Tekanan



Gambar 4 Gaya Viskos



Gambar 5 Gaya Resultan Lift dan Drag



Gambar 6 Gaya tekanan dan gaya geser pada sebuah elemen kecil dari permukaan sebuah benda

$$D = \int dF_x = \int p \cos \Theta \, dA + \int \tau_w \sin \Theta \, dA$$

dan

$$L = \int dF_y = -\int p \sin \Theta \, dA + \int \tau_w \cos \Theta \, dA$$

D : Gaya hambat

L : Gaya Angkat

F_x : Gaya Horizontal (N)

F_y : Gaya vertikal (N)

p : Tekanan (Pa)

Θ : Sudut benda dengan Bidang

A : Luas acuan (m^2)

τ_w : Tegangan geser (Pa)

Tegangan geser maupun tekanan sama-sama memiliki pengaruh terhadap *lift* dan *drag*, karena untuk sembarang benda dengan sudut, θ tidak nol ataupun 90° pada benda. *Koefisien lift*, C_L dan *koefisien drag*, C_D , didefinisikan sebagai :

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2}\rho v_x^2 A}$$

dan

$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2}\rho v_x^2 A}$$

dimana :

C_D = koefisien gaya hambat (*drag*)

C_L = koefisien gaya angkat (*lift*)

ρ = densitas fluida (kg/m^3)

A = luasan acuan (m^2)

c = panjang chord (m)

V_x = kecepatan fluida relatif terhadap obyek (m/s)

Dua definisi yang sering digunakan adalah *frontal area* (luasan yang tampak jika kita memandang benda dari arah datang aliran) dan *planform area* (luasan benda yang tampak dari atas). Analisa dimensional koefisien tahanan dan koefisien gaya angkat untuk suatu bentuk benda dalam aliran *incompressible steady* adalah fungsi dari parameter tak berdimensi,

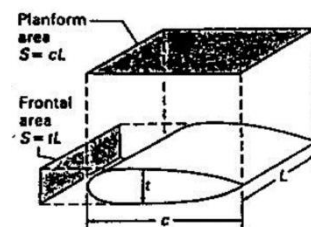
$$C_D = C_D(\alpha, Re)$$

$$C_L = C_L(\alpha, Re)$$

Dimana

α : Sudut serang

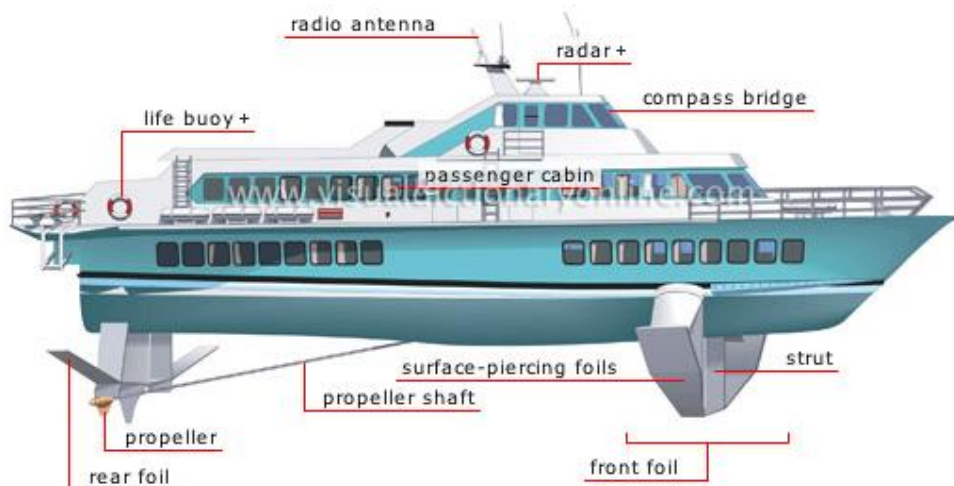
Re : bilangan Reynolds



Gambar 7 Definisi luas planform dan luas frontal

Kapal hydrofoil pada perancangannya sama dengan kapal laut, bedanya yaitu dipasang sayap (*hydrofoil*) dibawah lambung kapal. Dalam suatu *hovercraft* terdapat beberapa komponen utama, yaitu

:



Gambar 3. Komponen *Hydrofoil*

- ***Rear Foil***

Foil bagian belakang, biasanya sejajar dengan propeller.

- ***Propeller***

Propeller untuk kapal *hydrofoil* berbeda dengan kapal-kapal biasa, propeller kapal ini berada dibawah lambung kapal dan sejajar dengan foil.

- ***Propeller shaft***

Propeller shaft atau poros propeller pada kapal *hydrofoil* disesuaikan dengan peletakan baling – baling/ *propeller* kapal.

- ***Surface – piercing foils***

Penyebutan untuk kapal *hydrofoil* dengan menggunakan foil berbentuk U, untuk *hydrofoil* berbentuk T disebut *Fully submerged*.

- ***Strut***

Strut merupakan penopang foil.

- ***Front foil***

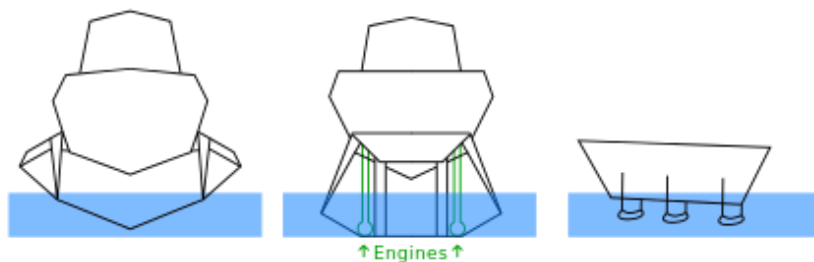
Foil yang dipasang di bagian depan.

2.5. Jenis Jenis *Hydrofoil*

Terdapat beberapa jenis *hydrofoil*, antara lain:

Hydrofoil bentuk V

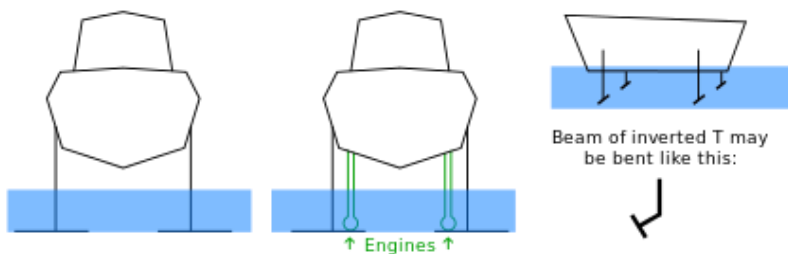
Hydrofoils awal menggunakan foil berbentuk U. *Hydrofoils* jenis ini dikenasebagai "permukaan - piercing" karena bagian bagian dari *hydrofoils* U akan naik di atas permukaan air saat kecepatan tertentu .



Gambar 2. Foil bentuk U

Hydrofoil Bentuk T

Beberapa *hydrofoils* modern menggunakan foil berbentuk T terbalik yang sepenuhnya terendam. *Hydrofoils* sepenuhnya terendam kurang tunduk pada efek aksi gelombang , dan karena itu lebih stabil di laut dan lebih nyaman bagi para awak dan penumpang [2].



Gambar 3. Foil Bentuk T

2.6. Metode Computational Fluid Dynamics

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan pemodelan gambar untuk menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. CFD digunakan untuk mensimulasikan interaksi fluida dengan permukaan benda (*boundary condition*), memprediksi aliran fluida, perpindahan panas, perubahan fase, reaksi kimia dan tegangan pada permukaan benda padat [5].

Pada proses simulasi terdapat tiga tahap yang harus dilakukan, yaitu : *pre-processing*, *solving* dan *post processing*.

- *Pre-processing* merupakan proses memasukkan data. Proses ini meliputi :
 - a) Pendefinisian kondisi batas–batas (*boundary*) dari geometri
 - b) Penentuan *domain*
 - c) Pemilihan jenis fluida yang akan dianalisa
- *Solving* merupakan proses menghitung dari data masukan yang telah diberikan dengan metode *numeric solver*. Tahapan ini dibagi menjadi beberapa metode yaitu :
 - *Finite difference method*
 - *Finite elements method*
 - *Finite volume method*
 - *Boundary element method*
- *Post processing* merupakan tahap simulasi untuk menginterpretasikan kondisi – kondisi yang telah dibuat.

2.7. Kapal Tenaga Surya Jalapatih III

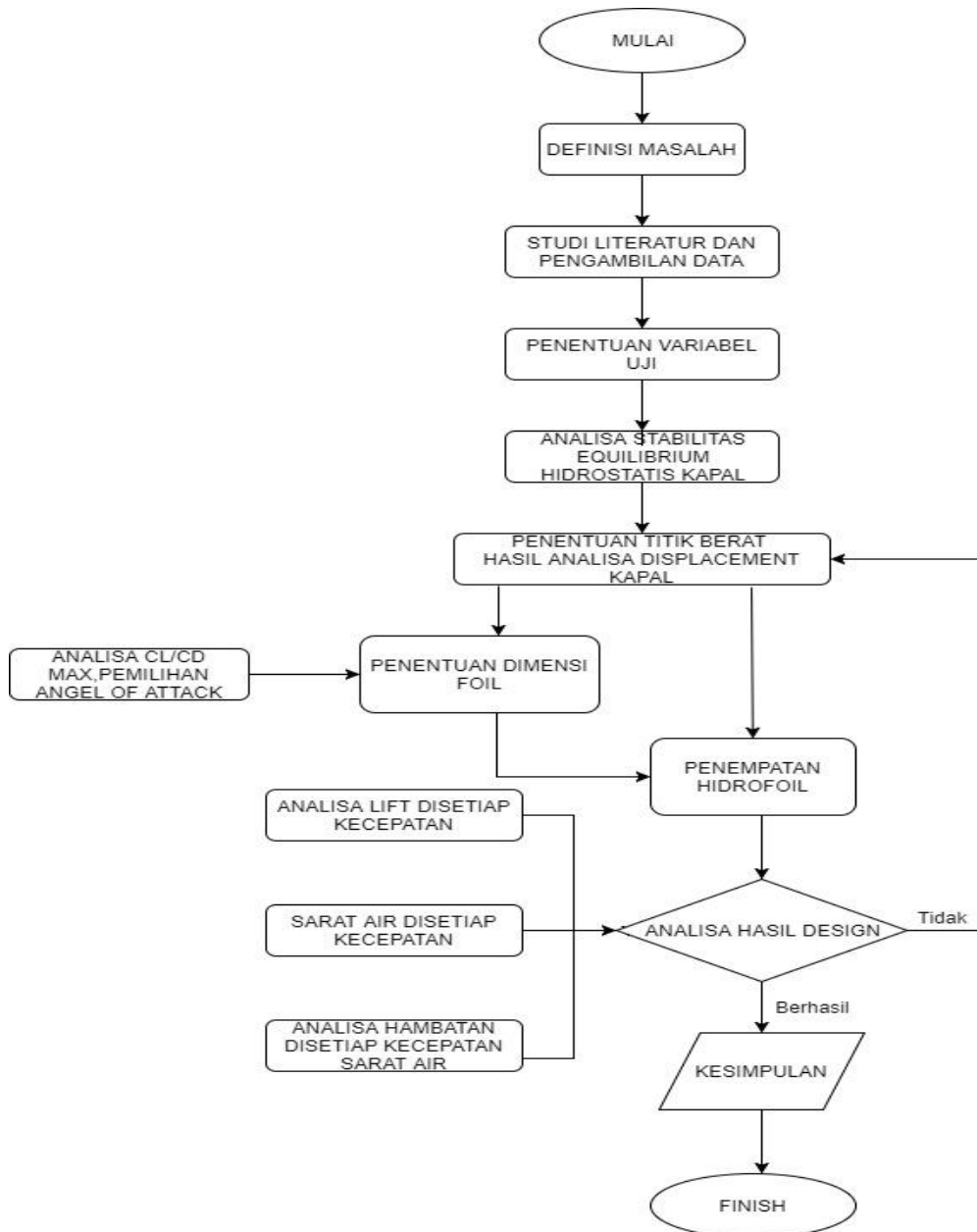
Kapal jalapatih III merupakan kapal yang di desain khusus untuk perlombaan yang mengharuskan memiliki kecepatan dan manuver yang bagus. Kapal jalapatih didesain dengan mengacu pada peraturan perlombaan , waktu, seerta dana untuk melakuakn pengembangan. Untuk itulah tim desain melakukan beberapa rekayasa pada kapal jalapatih 3. Kapal jalaatih 3 dapat juga dijadikan sebagai pionir kapal ramah lingkungan yang dapat diaplikasikan sebagai kapal komersial . Hal ini sangatlah cocok dengan kondisi geografis Indonesia yang memiliki riban pulau, baik besar maupun kecil. Pulau pulau kecil yang jumlahnya sangat banyak dapat di persatukan dengan adanya kapal . sehingga kemajuan yang merata di pulau pulau kecil dapat terrealisasikan . Kapal tenaga surya memiliki banyak sekali kelebihan di antaranya kapal ini bergerak dengan menggunakan tenaga surya yang tersedia melimpah, khususnya di daerah katulistiwa. Kapal ini juga memiliki tempat penyimpanan daya, yang berfungsi untuk menyimpan energy listrik, dan dapat



diguna ketika cahaya matahari tidak ada.

BAB III METODE PENELITIAN

Untuk menyelesaikan masalah diatas akan digunakan metode *Computational Fluid Dynamics*. Desain eksperimen dapat dilihat dalam *flow chart* dibawah :



3.1 Definisi Masalah

Pada proses ini dilakukan identifikasi dan perumusan masalah tentang analisa kinerja kapal hydrofoil dengan metode *Computational Fluid Dynamic (CFD)*. Variable yang dianalisa pada tugas akhir ini adalah dimensi foil , lokasi kordinat penempatan hydrofoil, analisa lift disetiap kecepatan, sarat air disetiap kecepatan, analisa hambatan disetiap kecepatan sarat air. Sehingga akan didapatkan data kinerja *kapal hydrofoil* berupa nilai *lift* dan penambahan performa kapal .

.

3.2 Studi Literatur dan Pengambilan Data

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan bahan referensi untuk dipelajari sebagai bahan pendukung kegiatan penelitian diantaranya adalah dengan mencari beberapa referensi buku, jurnal, paper ataupun dari internet yang berhubungan dengan karakteristik kapal, sudut serang, kecepatan kapal, tahanan kapal, dan daya angkat pada kapal Hydrofoil..

3.3 Penentuan Variabel Uji

Dalam penelitian ini ditentukan variabel uji berupa dimensi foil , lokasi kordinat penempatan hydrofoil, analisa lift disetiap kecepatan, sarat air disetiap kecepatan, analisa hambatan disetiap kecepatan sarat air. Sehingga akan didapatkan data kinerja *kapal hydrofoil* berupa nilai *lift* dan penambahan performa kapal .

3.4 Penentuan Dimensi Hydrofoil

Penentua dimensi foil ini didasarkan pada kebutuhan luasan yang dibutuhkan untuk mengangkat kapal akibat lift dari hydrofoil

3.5 Pembuatan Model Lambung Kapal

Penempatan hydrofoil didasarkan posisi titik berat kapal yang sudah dihitung sebelumnya, adapun peletakan foil bagian belakang harus sejajar dengan letak dari motor listrik kapal

3.6 Analisa Hidrostatik Kapal

Analisa hidrostatik pada lambung kapal bertujuan untuk mengetahui berat displacement kapal pada setiap sarat air.

3.7 Analisa Longitudinal Stenght

Analisa longitudinal stenght bertujuan untuk mengetahui persebaran titik berat dari lambung kapal serta untuk melihat persebaran boyensi dari lambung kapal.

3.8 Penempatan Hydrofoil Pada Lambung Kapal

Penempatan hydrofoil didasarkan posisi titik berat kapal yang sudah dihitung sebelumnya, adapun peletakan foil bagian belakang harus sejajar dengan letak dari motor listrik kapal.

3.9 Analisa Gaya Angkat Pada Setiap Kecepatan

Analisa gaya angkat pada setiap kecepatan kapal bertujuan mengetahui berapakah gaya angkat yang dihasilkan oleh penampang foil apabila diberi kecepatan .

3.10 Analisa Sarat Air Disetiap Kecepatan Kapal

Dalam tahap ini dianalisa sarat air disetiap kecepatan ,hal ini dilakukan untuk mengetahui perubahan sarat air akibat lift yang ditimbulkan oleh hydrofoil.

3.11 Analisa hambatan Disetiap Kecepatan dan Sarat Air

Dalam tahap ini dianalisa hambatan disetiap kecepatan sarat air ,tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan hydrofoil terhadap pengurangan hambatan kapal akibat pengurangan sarat air.

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

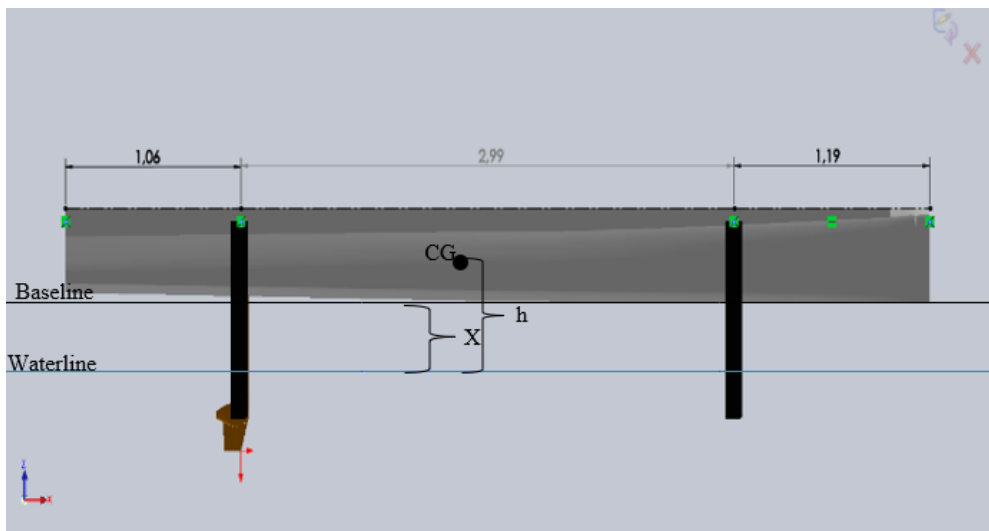
4.1 Umum

Pada bab ini akan diberikan penjelasan mengenai tahapan-tahapan penyelesaian tugas akhir yang berjudul Analisa penambahan hydrofoil pada kapal tenaga surya studi kasus kapal Jalapatih III. Penjelasan dimulai dengan pemilihan type NACA serta sudut serang yang optimum yang akan dipilih dan dijadikan sebagai acuan dalam pembuatan Hydrofoil pada kapal Jalapatih III. Selanjutnya peneliti menghitung luasan foil yang dibutuhkan untuk kapal Jalapatih III, selanjutnya peneliti menganalisa persebaran titik berat serta longitudinal strength pada kapal Jalapatih III, langkah selanjutnya adalah peneliti menganalisa gaya hambat dari kapal Jalapatih III, Langkah selanjutnya adalah peneliti menganalisa gaya angkat dari hydrofoil pada setiap kecepatan kapal. Langkah selanjutnya adalah peneliti menghitung sarat kapal setelah kapal mendapatkan gaya angkat dari hydrofoil, dan yang terakhir adalah peneliti menganalisa hambatan kapal Jalapatih III pada setiap kecepatan dan sarat air setelah mendapatkan pengaruh gaya angkat dari hydrofoil.

4.2 Penentuan Dimensi Hydrofoil

Pada tahap ini peneliti mendesign hydrofoil sesuai dengan kebutuhan dari kapal jalapatih III, adapun tipe foil yang digunakan pada penelitian kali ini adalah tipe NACA 23021.

Design hydrofoil disesuaikan dengan gaya lift yang dibutuhkan untuk mengangkat kapal serta kecepatan yang mampu dicapai. Gaya angkat foil dihitung pada keadaan maksimal yaitu kapal terangkat sepenuhnya diatas air setinggi 0,6 m . Berikut adalah perhitungan gaya angkat foil.



$$C_L = \frac{Lift}{\frac{1}{2} \rho v_x^2 A_p}$$

$$C_L \text{ NACA 21021} = 0.31718$$

$$C_D = \frac{Drag}{\frac{1}{2} \rho v_x^2 A_p}$$

Boat Displacemen

$$\Delta = 2100 \text{ N}$$

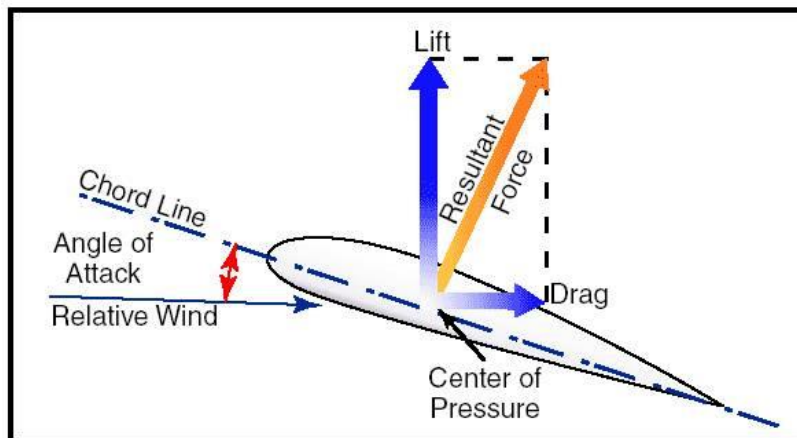
$$F.X = m.g.h$$

$$F = \frac{m \cdot g \cdot h}{x}$$

$$F = \frac{2100 \text{ N} \cdot (0,6 + 0,045) \text{ m}}{0,6 \text{ m}}$$

$$F = 2257,5 \text{ N}$$

F diatas adalah gaya lift yang dibutuhkan kapal untuk mengangkat penuh sebesar $x = 0,6 \text{ m}$ dari permukaan air. sedangkan nilai h adalah nilai pertambahan x dengan tinggi CG kapal sebesar $0,045 \text{ m}$.



Gaya angkat masing masing foil

$$Lift = \frac{2257,5}{2} N$$
$$Lift = 1128.75 N$$

$$A_p = \frac{Lift}{\frac{1}{2} \rho v_x^2 C_L}$$

$$A_p = \frac{1128.75 \cdot \cos 5}{\frac{1}{2} \cdot 1025 \cdot (8,745)^2 \cdot 0.31718}$$

$$A_p = 0.08 m^2$$

$$Foil Length \cdot Chord length = 0.08 m^2$$

$$Chord Length = \frac{0.08}{1.4} m^2$$

$$Chord Length = 0.06 m$$

Dimana,

$\rho = density$

$C_L = Koefisien Lift$

$V = Velocity$

$A_p = plan area$

Geometri *Foil* dan *Strut*

Tabel 2 Koordinat Foil NACA 23021 (Foil)

#GROUP	POINT	X-CORD	Y-CORD	Z-CORD
1	1	1,0000	0,0022	0
1	2	0,9500	0,0153	0
1	3	0,9000	0,0276	0
1	4	0,8000	0,0505	0
1	5	0,7000	0,0709	0
1	6	0,6000	0,0890	0
1	7	0,5000	0,1040	0
1	8	0,4000	0,1149	0
1	9	0,3000	0,1206	0
1	10	0,2500	0,1205	0
1	11	0,2000	0,1180	0
1	12	0,1500	0,1119	0
1	13	0,1000	0,1003	0
1	14	0,0750	0,0913	0
1	15	0,0500	0,0793	0
1	16	0,0250	0,0641	0
1	17	0,0125	0,0487	0
1	18	0,0000	0,0000	0
1	19	0,0125	-0,0208	0
1	20	0,0250	-0,0314	0
1	21	0,0500	-0,0452	0
1	22	0,0750	-0,0555	0
1	23	0,1000	-0,0632	0
1	24	0,1500	-0,0751	0
1	25	0,2000	-0,0830	0
1	26	0,2500	-0,0876	0
1	27	0,3000	-0,0895	0
1	28	0,4000	-0,0883	0
1	29	0,5000	-0,0814	0
1	30	0,6000	-0,0707	0
1	31	0,7000	-0,0572	0
1	32	0,8000	-0,0413	0
1	33	0,9000	-0,0230	0
1	34	0,9500	-0,0130	0

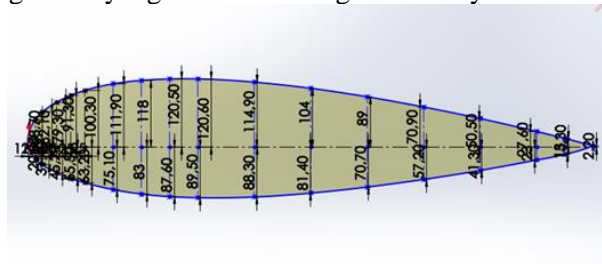
1	35	1,0000	-0,0022	0
---	----	--------	---------	---

Tabel 3 Koordinat NACA 63012 (Strut)

#GROUP	POINT	X-CORD	Y-CORD	Z-CORD
1	1	0,0000	0,00000	0
1	2	0,0050	0,00973	0
1	3	0,0075	0,01173	0
1	4	0,0125	0,01492	0
1	5	0,0250	0,02078	0
1	6	0,0500	0,02895	0
1	7	0,0750	0,03504	0
1	8	0,1000	0,03994	0
1	9	0,1500	0,04747	0
1	10	0,2000	0,05287	0
1	11	0,2500	0,05664	0
1	12	0,3000	0,05901	0
1	13	0,3500	0,05995	0
1	14	0,4000	0,05957	0
1	15	0,4500	0,05792	0
1	16	0,5000	0,05517	0
1	17	0,5500	0,05148	0
1	18	0,6000	0,04700	0
1	19	0,6500	0,04186	0
1	20	0,7000	0,03621	0
1	21	0,7500	0,03026	0
1	22	0,8000	0,02426	0
1	23	0,8500	0,01826	0
1	24	0,9000	0,01225	0
1	25	0,9500	0,00625	0
1	26	1,0000	0,00025	0
1	27	1,0000	-0,00025	0
1	28	0,9500	-0,00625	0
1	29	0,9000	-0,01225	0
1	30	0,8500	-0,01826	0
1	31	0,8000	-0,02426	0
1	32	0,7500	-0,03026	0
1	33	0,7000	-0,03621	0
1	34	0,6500	-0,04186	0
1	35	0,6000	-0,04700	0
1	36	0,5500	-0,05148	0
1	37	0,5000	-0,05517	0
1	38	0,4500	-0,05792	0
1	39	0,4000	-0,05957	0
1	40	0,3500	-0,05995	0

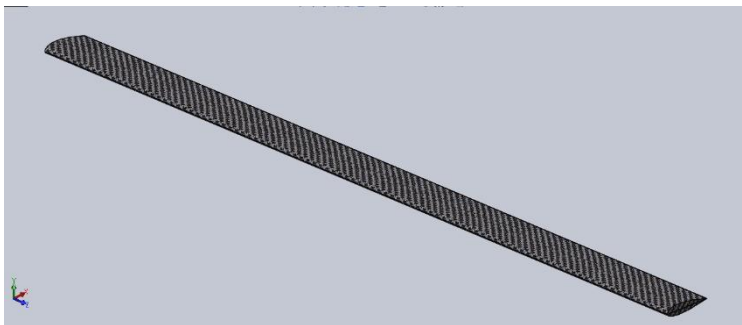
1	41	0,3000	-0,05901	0
1	42	0,2500	-0,05664	0
1	43	0,2000	-0,05287	0
1	44	0,1500	-0,04747	0
1	45	0,1000	-0,03994	0
1	46	0,0750	-0,03504	0
1	47	0,0500	-0,02895	0
1	48	0,0250	-0,02078	0
1	49	0,0125	-0,01492	0
1	50	0,0075	-0,01173	0
1	51	0,0050	-0,00973	0
1	52	0,0000	0,00000	0

Pada tahap ini, dilakukan pengnputan kordinat NACA 23021 serta disesuaikan dengan Panjang chord yang sudah di hitung sebelumnya.

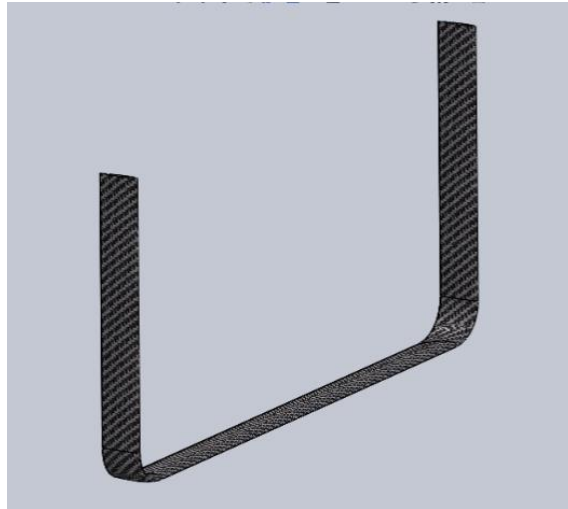


Gambar 8 Konfigurasi Koordinat Foil

Selanjutnya dibuat design 3d dari Foil NACA 23012 yang nantinya akan dijadikan akan disimulasikan dalam software CFD .



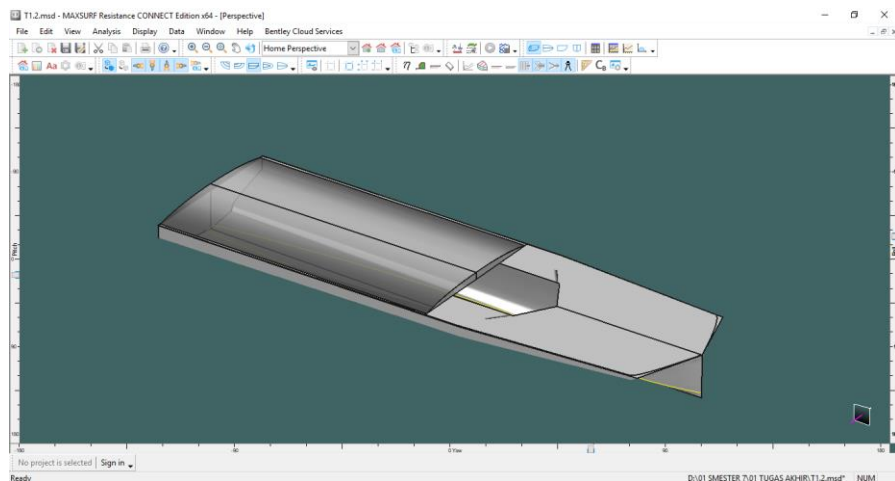
Gambar 9 Model Foil NACA 23021



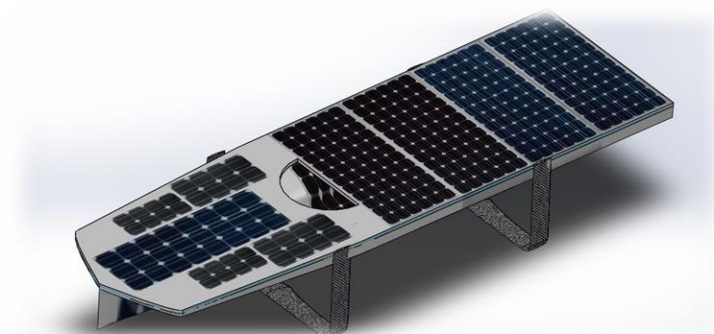
Gambar 10 Model Foil NACA 23021 dan Strud NACA 63021

1.6 Pembuatan Model Lambung Kapal

Pada tahap ini dibuat model lambung kapal Jalapatih III , lambung kapal mula-mula dibuat dalam bentuk surface , selanjutnya agar lambung kapal bisa dianalisa dengan metode CFD maka lambung kapal harus diubah dalam bentuk model solid. Berikut adalah design dari lambung kapal Jalapatih III.



Gambar 7: Model Lambung Surface



Gambar 7: Model Lambung Solid

Dalam analisa menggunakan metode CFD dibutuhkan model kapal yang baik . Model kapal yang baik yang bisa digunakan untuk dianalisa secara CFD memiliki beberapa kriteria diantaranya adalah :

- Model kapal haruslah berbentuk solid . apabila model dalam bentuk surface maka model kapal tidak bisa dianalisa secara CFD.
- Tidak boleh ada cacat model kapal seperti ada lubang pada sambungan antar bagian model.
- Diusahakan model memiliki bentuk kurva seminimal mungkin, kurva yang dimaksud disini adalah bagian ujung ujung dari setiap part.
- Diusahakan model lambung kapal miliki dimensi part yang homogen. Yang dimaksud dengan part homogen disini adalah tidak dianjurkan dalam satu model memiliki satu bagian yang ukurannya sangat kecil jika dibandingkan dengan model utama. Karena hal ini akan mempengaruhi hasil meshing . hasil meshing yang sangat banyak akan mengakibatkan analisa model berjalan lebih lama.

1.7 Analisa Hidrostatik Kapal

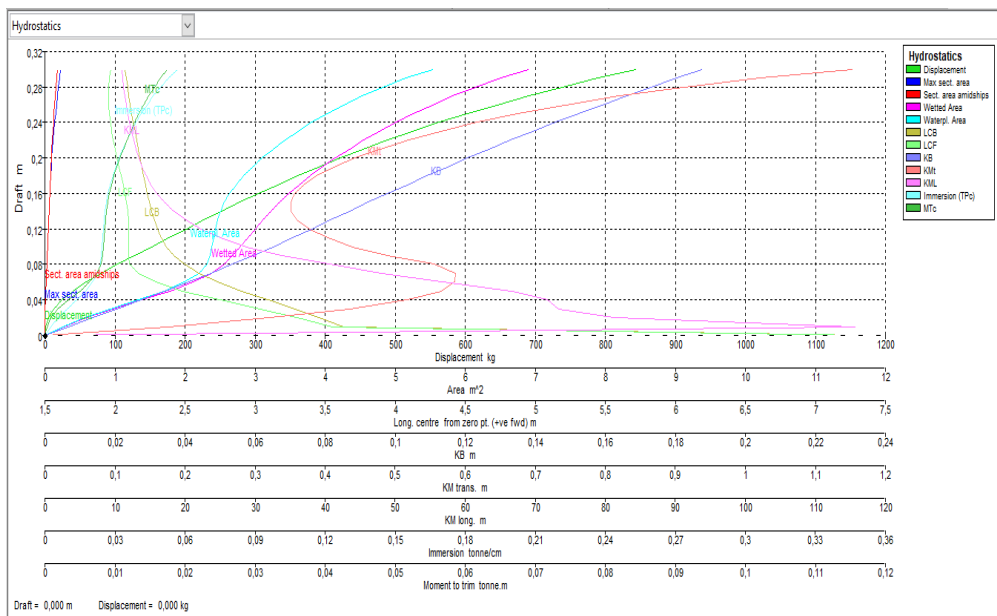
Pada tahap ini dianalisa karakteristik hidrostatik dari kapal Jalapatih III. Tujuan analisa pada tahap ini adalah untuk mengetahui berapakah gaya lift yang dibutuhkan untuk mengangkat kapal pada setiap keadaan sarat air. Adapun hasil analisa hidrostatik dari kapal Jalapatih III adalah sebagai berikut:

Draft Amidships	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
m											
Displacement kg	0	1,226	5,41	13,08	24,66	40,29	59,32	80,86	104,1	128	152,3
Heel deg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP m	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
Draft at AP m	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
Draft at LCF m	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
Trim (+ve by stern) m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL Length m	0	3,177	3,85	4,498	5,133	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25
Beam max extents on WL m	0	0,121	0,233	0,331	0,41	0,469	0,519	0,568	0,617	0,641	0,649
Wetted Area m ²	0	0,262	0,589	0,965	1,379	1,785	2,116	2,377	2,562	2,678	2,787
Waterpl. Area m ²	0	0,254	0,571	0,933	1,329	1,706	1,993	2,198	2,316	2,355	2,384
Prismatic coeff. (Cp)	0	0,622	0,574	0,544	0,525	0,563	0,614	0,661	0,7	0,731	0,753
Block coeff. (Cb)	0	0,315	0,296	0,287	0,287	0,32	0,355	0,378	0,392	0,413	0,437
Max Sect. area coeff. (Cm)	0	0,506	0,516	0,529	0,548	0,583	0,636	0,677	0,706	0,73	0,748
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0	0,661	0,636	0,627	0,632	0,693	0,732	0,737	0,715	0,7	0,7
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7,375	3,63	3,459	3,281	3,094	2,902	2,734	2,599	2,494	2,42	2,369
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7,375	3,55	3,298	3,033	2,746	2,479	2,293	2,169	2,104	2,099	2,1
KB m	0	0,007	0,014	0,021	0,027	0,034	0,041	0,047	0,054	0,059	0,065
KG m	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121
BMt m	0	0,169	0,307	0,414	0,49	0,531	0,544	0,539	0,502	0,429	0,374
BML m	0	115,701	81,214	73,34	71,765	66,65	56,701	48,041	40,616	33,706	28,711
GMT m	-0,121	0,054	0,2	0,314	0,396	0,445	0,464	0,465	0,434	0,368	0,318
GML m	-0,121	115,587	81,106	73,239	71,671	66,563	56,621	47,968	40,549	33,645	28,655
KMt m	0	0,175	0,321	0,435	0,517	0,566	0,585	0,586	0,555	0,489	0,439
KML m	0	115,708	81,227	73,36	71,792	66,684	56,742	48,089	40,67	33,766	28,776
Immersion (TPC) tonne/cm	0	0,003	0,006	0,01	0,014	0,017	0,02	0,023	0,024	0,024	0,024
MTc tonne.m	0	0	0,001	0,002	0,003	0,005	0,006	0,007	0,008	0,008	0,008
RM at 1deg = GMT.Disp.sin(1) kg.	0	0,001	0,019	0,072	0,171	0,313	0,481	0,657	0,789	0,822	0,846
Max deck inclination deg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 11 : Hydrostatik Kapal Jalapatih III

Draft Amidships	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2
m										
Displacement kg	176,9	201,8	226,9	252,4	278,4	305	332,5	361	390,7	421,7
Heel deg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP m	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2
Draft at AP m	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2
Draft at LCF m	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2
Trim (+ve by stern) m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL Length m	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25
Beam max extents on WL m	0,657	0,665	0,676	0,695	0,72	0,752	0,792	0,84	0,896	0,956
Wetted Area m^2	2,896	3,005	3,115	3,23	3,353	3,486	3,631	3,789	3,961	4,146
Waterpl. Area m^2	2,411	2,438	2,467	2,509	2,565	2,638	2,728	2,835	2,96	3,102
Prismatic coeff. (Cp)	0,769	0,782	0,791	0,799	0,804	0,808	0,809	0,809	0,805	0,793
Block coeff. (Cb)	0,455	0,47	0,48	0,483	0,48	0,471	0,459	0,444	0,427	0,41
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,762	0,774	0,783	0,788	0,785	0,778	0,764	0,743	0,713	0,653
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,699	0,698	0,695	0,688	0,679	0,668	0,656	0,643	0,629	0,618
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	2,332	2,303	2,281	2,262	2,246	2,231	2,218	2,205	2,192	2,179
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2,1	2,1	2,098	2,092	2,083	2,073	2,06	2,046	2,03	2,015
KB m	0,071	0,076	0,082	0,087	0,092	0,098	0,103	0,109	0,115	0,121
KG m	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121
BMT m	0,333	0,302	0,279	0,265	0,259	0,259	0,266	0,279	0,297	0,322
BML m	25,034	22,216	20,017	18,303	16,954	15,885	15,033	14,346	13,79	13,329
GMt m	0,283	0,257	0,239	0,231	0,23	0,236	0,248	0,267	0,291	0,322
GML m	24,983	22,171	19,978	18,269	16,925	15,862	15,015	14,334	13,784	13,329
KMt m	0,404	0,378	0,36	0,352	0,351	0,357	0,369	0,388	0,412	0,443
KML m	25,104	22,292	20,099	18,39	17,046	15,983	15,136	14,455	13,905	13,45
Immersion (TPc) tonne/cm	0,025	0,025	0,025	0,026	0,026	0,027	0,028	0,029	0,03	0,032
MTc tonne.m	0,008	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,01	0,01	0,01	0,011
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.	0,874	0,905	0,947	1,016	1,117	1,256	1,441	1,68	1,986	2,369
Max deck inclination deg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 12 : Hidrostatik Kapal Jalapatih III



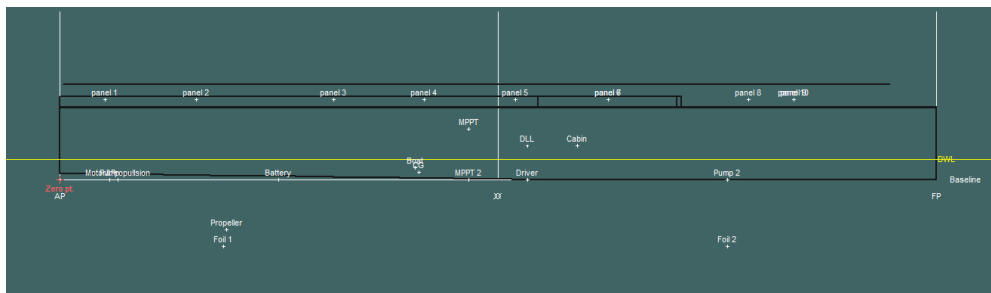
Grafik 13 : Hidrostatik Kapal Jalapatih III

1.8 Analisa Longitudinal Strenght

Analisa longituninal strength ini bertujuan untuk mengetahui persebarat berat pada lambung kapal, yang nantinya dijadikan sebagai ajuan dalam meletakkan hydrofoil pada bagian lambung kapal. Adapun hasil analisa longitudinal strength adalah sebagai berikut :

	Item Name	Quantity	Unit Mass kg	Total Mass kg	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM kg.m	FSM Type
1	Boat	1	65,0	65,0			2,130	0,000	0,073	0,000	User Speci
2	Pump	1	0,4	0,4			0,300	0,050	0,000	0,000	User Speci
3	Pump 2	1	0,4	0,4			4,000	0,050	0,000	0,000	User Speci
4	MPPT	1	1,0	1,0			2,450	0,000	0,300	0,000	User Speci
5	MPPT 2	1	1,0	1,0			2,450	0,000	-0,300	0,000	User Speci
6	DLL	1	3,0	3,0			2,800	0,000	0,200	0,000	User Speci
7	Foil 1	1	5,0	5,0			0,880	0,000	-0,400	0,000	User Speci
8	Foil 2	1	5,0	5,0			4,000	0,000	-0,400	0,000	User Speci
9	panel 1	1	1,6	1,6			0,273	0,000	0,477	0,000	User Speci
10	panel 2	1	1,6	1,6			0,819	0,000	0,477	0,000	User Speci
11	panel 3	1	1,6	1,6			1,638	0,000	0,477	0,000	User Speci
12	panel 4	1	1,6	1,6			2,184	0,000	0,477	0,000	User Speci
13	panel 5	1	1,6	1,6			2,730	0,000	0,477	0,000	User Speci
14	panel 6	1	0,8	0,8			3,285	0,500	0,477	0,000	User Speci
15	panel 7	1	0,8	0,8			3,285	-0,500	0,477	0,000	User Speci
16	panel 8	1	1,6	1,6			4,124	0,000	0,477	0,000	User Speci
17	panel 9	1	0,8	0,8			4,393	0,419	0,477	0,000	User Speci
18	panel 10	1	0,8	0,8			4,393	-0,419	0,477	0,000	User Speci
19	Driver	1	70,0	70,0			2,800	0,000	0,000	0,000	User Speci
20	Battery	1	8,0	8,0			1,310	0,000	0,000	0,000	User Speci
21	Propeller	1	0,4	0,4			1,000	0,000	-0,300	0,000	User Speci
22	Motor&Propulsion	1	30,0	30,0			0,350	0,000	0,000	0,000	User Speci
23	Cabin	1	8,0	8,0			3,100	0,000	0,200	0,000	User Speci
24	Total Loadcase			210,0	0,000	0,000	2,151	0,000		0,043	
25	FS correction									0,000	
26	VCG fluid									0,043	

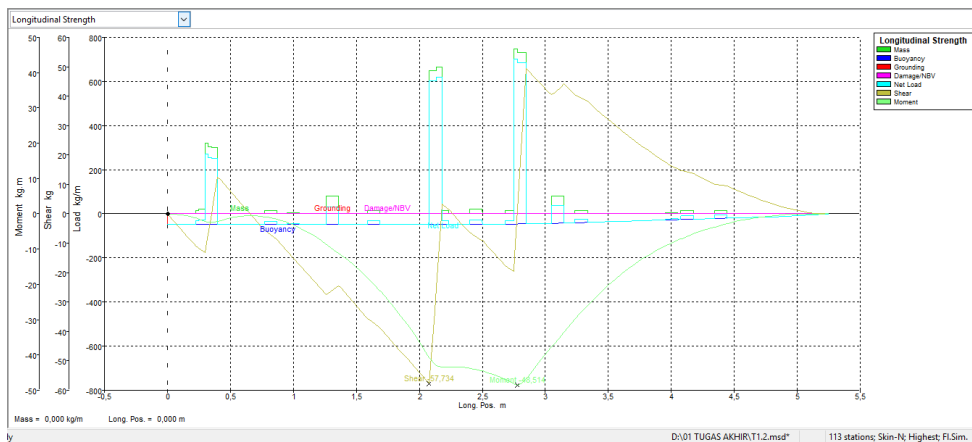
Tabel: Titik Berat Komponen



Gambar : Persebaran Titik Berat Kapal

Name	Long. Pos.	Mass	Buoyancy	Grounding	Damage/N	Net Load	Shear	Moment
	m	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	kg	kg.m
st 0	0	0	-48,505	0	0	-48,505	-0,011	0
st 2	0,5	0	-48,862	0	0	-48,862	7,637	-1,161
st 4	1	4	-48,95	0	0	-44,95	-15,028	-3,153
st 11	1,5	0	-48,724	0	0	-48,724	-31,26	-15,173
st 12	2	0	-48,123	0	0	-48,123	-53,889	-36,294
st 13	2,5	8,093	-46,995	0	0	-38,902	-9,097	-44,546
st 14	3	0	-43,801	0	0	-43,801	42,595	-39,868
st 15	3,4	0	-37,844	0	0	-37,844	35,737	-23,608
st 16	3,8	0	-30,687	0	0	-30,687	22,042	-12,153
st 17	4,2	0	-23,8	0	0	-23,8	13,152	-5,402
st 18	4,6	0	-17,208	0	0	-17,208	6,561	-1,537
st 19	5	0	-8,77	0	0	-8,77	1,162	-0,102
st 20	5,15	0	-3,843	0	0	-3,843	0,2	-0,008
st 13	5,24	0	-0,387	0	0	-0,387	0,006	0

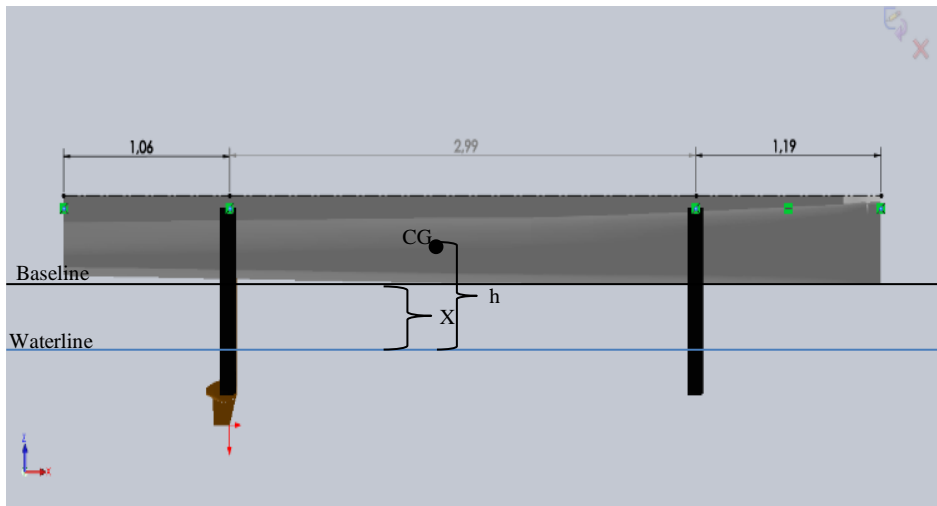
Tabel: Longitudinal Strenght



Grafik : Longitudinal Strenght

1.9 Penempatan Hydrofoil Pada Lambung Kapal.

Pada tahap ini peneliti mendesai peletakan dari hydrofoil yang ada pada lambung kapal. Desai peletakan ini didasarkan pada persebaran berat dari setiap komponen yang ada pada kapal. Adapun design dari peletakan lambung kapal ini adalah sebagai berikut:

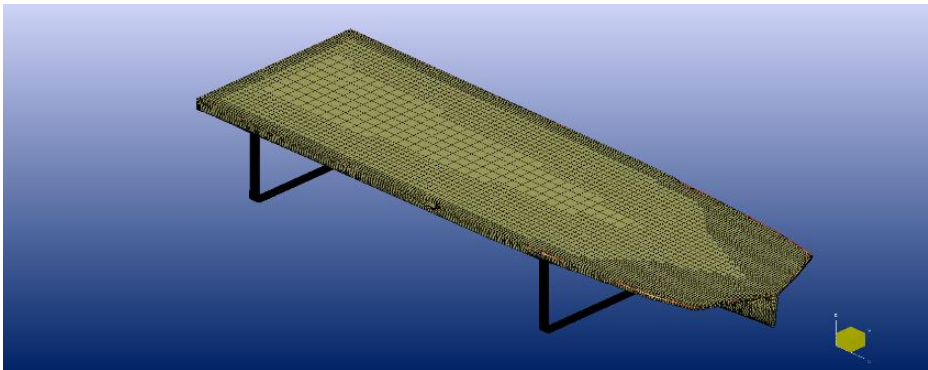


Gambar 11: Penempatan Foil

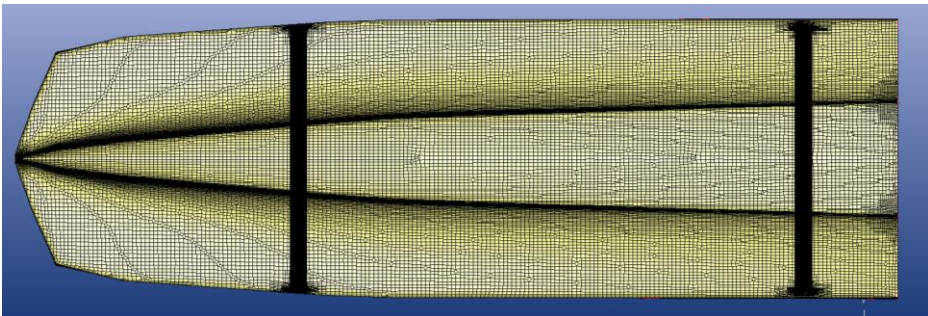
Koordinat peletakan foil belakang berada pada 1,06 m dari bagian AP kapal, bagian foil belakang harus sejajar dengan letak dari motor penggerak kapal. Sedangkan letak hydrofoil pada bagian depan adalah 1,19 m dari FP kapal. Penentuan peletakan hydrofoil ini dengan asumsi bahwa kapal dalam keadaan even keel.

1.10 Analisa gaya angkat pada setiap kecepatan kapal.

Dalam tahap ini dianalisa gaya angkat yang diterima oleh kapal akibat dari pergerakan kapal diatas air pada setiap kecepatan kapal. Sebelum menganalisa gaya angkat disetiap kecepatan kapal, maka terlebih dahulu mempersiapkan model yang akan dianalisa hingga tahap meshing selesai. Adapun hasil meshing untuk kapal jalapatih 3 adalah sebagai berikut:



Gambar 15 Hasil Meshing



Gambar 16 Hasil Meshing

Adapun hasil analisa lift foil pada setiap kecepatan kapal adalah sebagai berikut:

Hydrofoil					
V_Knot	V_m/s	Fx(N)	Fy(N)	Fz(N)	2XFz(N)
10	5,144	54.19	0.001	668,93	1337,86
11	5,6584	65.37	0.021	832,91	1665,82
12	6,1728	77.63	0.025	990,73	1981,46
13	6,6872	90.91	0.029	1161,9	2323,8
14	7,2016	105.29	0.033	1347,01	2694,02
15	7,716	120.66	0,038	1546,75	3093,5
16	8,2304	137.16	0,044	1757,38	3514,76
17	8,7448	154.66	0.049	1982,69	3965,38

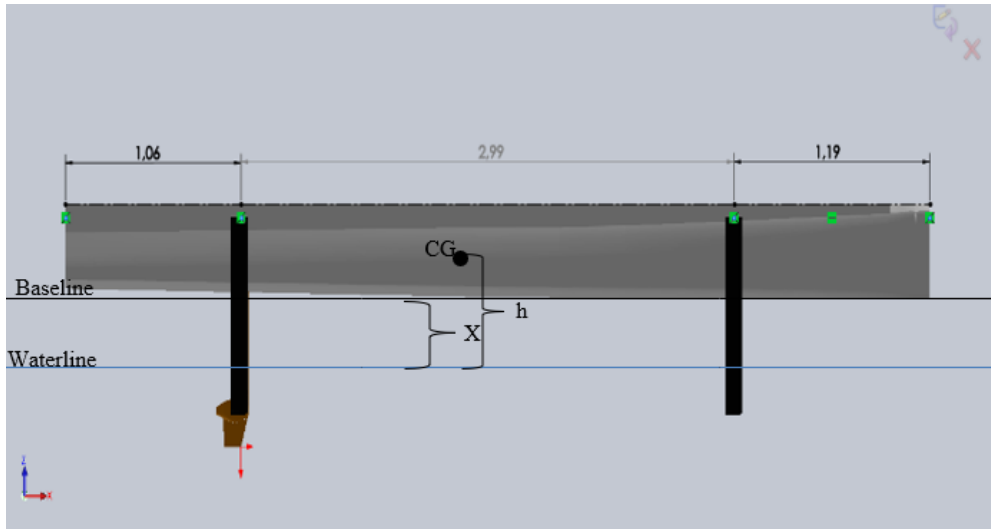
Gambar 17 Hasil Running Foil 0,06bm

Berdasarkan data diatas dapat disimpulkan bahwa foil memenuhi gaya lift minimal yang dibutuhkan oleh kapal. Dimana gaya lift direpresentasikan dalam kordinat gaya sejajar dengan sumbu Z. $2 \times F_z$ menunjukkan bahwa gaya foil dikalikan dua ,hal ini karena pada penelitian kali ini kapal jalapatih III menggunakan foil yang identik pada bagian depan dan belakang kapal.

1.11 Analisa Sarat Air Disetiap Kecepatan Kapal.

Setelah diketahui gaya lift yang dihasilkan oleh hydrofoil, maka selanjutnya dapat diketahui berapakah kenaikan sarat air yang ditimbulkan akibat gaya Lift dari hydrofoil. Ada tiga keadaan yang perlu diperhatikan yaitu keadaan kapal dengan sarat air normal , keadaan kapal dengan sarat air 0 m dan keadaan kapal ketika terangkat dipermukaan air.

Keadaan pertama dan ke dua dapat dicari dari persamaan displacement kapal. Namun, untuk keadaan ketiga, kita tidak bias langsung memasukkan gaya lift yang ditimbulkan foil untuk mencari sarat air kapal, sebaliknya kita harus menghitung terlebih dahulu kebutuhan gaya lift kapal . untuk memprediksi kebutuhan gaya lift maksimal yang dibutuhkan oleh kapal maka diambil tinggi kapal maximal diatas permukaan air yaitu sebesar 0,6 m nilai ini diambil dari pengurangan Panjang foil terhadap diameter propeller dan clearance serta tumpuan foil pada lambung kapal. Berikut adalah perhitungan untuk mencari kebutuhan gaya lift kapal.



Gambar 18 Kordinat Pada Kapal

$$F \cdot X = m \cdot g \cdot h$$

$$F = \frac{m \cdot g \cdot h}{x}$$

$$F = \frac{2100 \text{ N} \cdot (0,6 + 0,045) \text{ m}}{0.6 \text{ m}}$$

$$F = 2257,5 \text{ N}$$

F diatas adalah gaya lift yang dibutuhkan kapal untuk mengangkat penuh sebesar $x = 0,6 \text{ m}$ dari permukaan air. sedangkan nilai h adalah nilai pertambahan x dengan tinggi CG kapal sebesar $0,045 \text{ m}$.

Berdasarkan hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa untuk mengangkat kapal setinggi $0,6 \text{ m}$ (keadaan maximal kapal) dibutuhkan gaya lift sebesar $2257,5 \text{ N}$. Selanjutnya adalah melihat pada table posisi gaya minimal ketika kapal berada diatas air.

Hydrofoil						W Boat(N)	Lift(N)
V_Knot	V_m/s	Fx(N)	Fy(N)	Fz(N)	2XFz(N)		
10	5,144	54.19	0.001	668,93	1337,86	2000	662,14
11	5,6584	65.37	0.021	832,91	1665,82	2000	334,18
12	6,1728	77.63	0.025	990,73	1981,46	2000	18,54
13	6,6872	90.91	0.029	1161,9	2323,8	2000	-323,8
14	7,2016	105.29	0.033	1347,01	2694,02	2000	-694,02
15	7,716	120.66	0,038	1546,75	3093,5	2000	-1093,5
16	8,2304	137.16	0,044	1757,38	3514,76	2000	-1514,76
17	8,7448	154.66	0.049	1982,69	3965,38	2000	-1965,38

Gambar 19 Gaya Lift Foil Chord 0,06 m

Dari table diatas kita dapat melihat bahwa pada saat kecepatan kapal 13 knot kapal mulai berada diatas garis air. Yaitu dengan memiliki gaya Lift sebesar -323,8 N gaya ini didapat dari pengurangan berat displacement kapal dikurangi dengan gaya lift yang ditimbulkan oleh dua foil Tanda minus menunjukkan arah gaya yang menuju keatas atau berlawanan dengan gaya berat displacement kapal.

Dari dua data perhitungan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa gaya lift yang ditimbulkan oleh foil pada kecepatan 13 Knot diatas kebutuhan gaya lift dari kapal, Dimana kebutuhan gaya lift maximal dari kapal adalah 2257,5 N N sedangkan gaya lift minimal yang ditimbulkan dari foil adalah sebesar 2323,8 N. oleh sebabitu maka pada penelitian kali peneliti mencoba menghitung ulang hasil dari analisa lift foil.

Perhitungan ulang kedua dilakukan dengan disain foil pada kecepatan 17 knot. Pada kecepatan ini Panjang chord yang dianalisa adalah sebesar 0,05 m dan 0,4 m. adapun analisa hasil CFD nya adalah sebagai berikut:

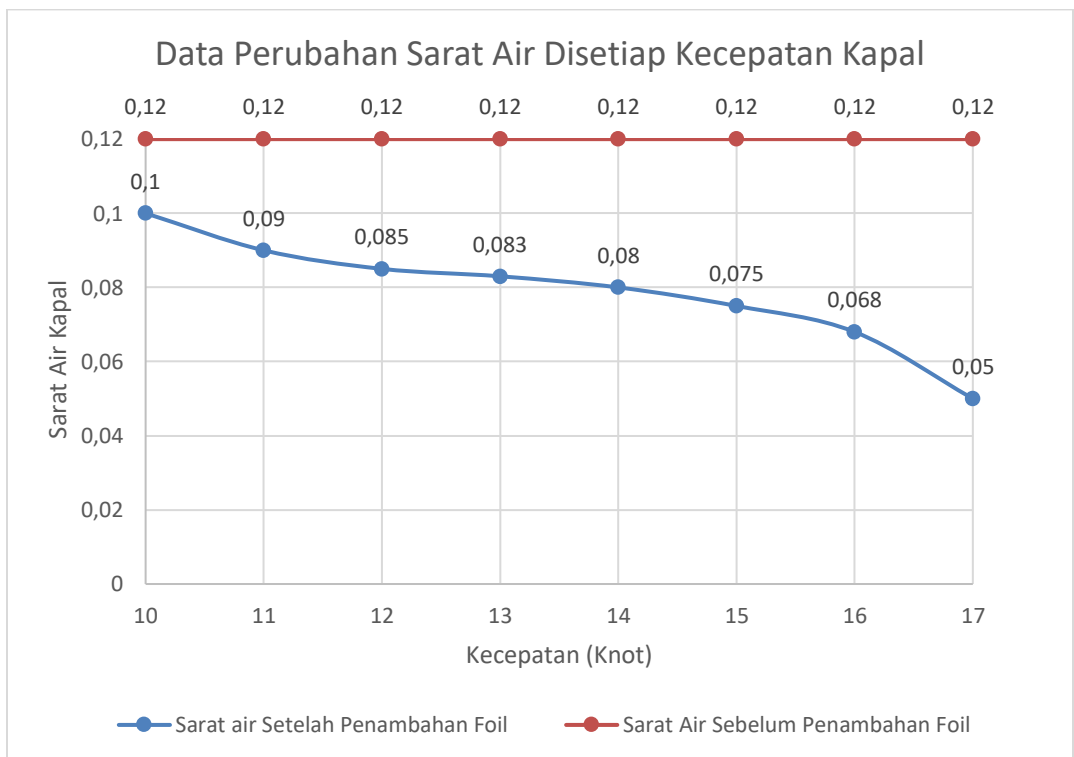
V_Knot	V_m/s	Fx(N)	Fy(N)	Fz(N)	2XFz(N)	Total Resistance	Kebutuhan Lift	berat displacement sisa
10	5,144	55,9	0,007	309,27	618,54	169,82	2257	1638,46
11	5,6584	67	0,008	374,17	748,34	197,91	2257	1508,66
12	6,1728	79,9	0,025	445,33	890,66	227,23	2257	1366,34
13	6,6872	93,5	0,029	523	1046	257,4	2257	1211
14	7,2016	108,4	0,033	606,12	1212,24	288,05	2257	1044,76
15	7,716	124	0,038	692	1384	318,84	2257	873
16	8,2304	141	0,044	783,23	1566,46	349,48	2257	690,54
17	8,7448	159,5	0,049	879,9	1759,8	379,8	2257	497,2

Tabel 20 Gaya Lift Foil Chord 0,05 m

V_Knot	V_m/s	Fx(N)	Fy(N)	Fz(N)	2XFz(N)	Total Resistance	Kebutuhan Lift	berat displacement sisa
10	5,144	53,7	0,007	254	508	169,82	2257	1749
11	5,6584	64	0,008	307	614	197,91	2257	1643
12	6,1728	76,88	0,025	364,86	729,72	227,23	2257	1527,28
13	6,6872	90	0,029	426,66	853,32	257,4	2257	1403,68
14	7,2016	104,44	0,033	493,53	987,06	288,05	2257	1269,94
15	7,716	119	0,038	563,814	1127,628	318,84	2257	1129,372
16	8,2304	135	0,044	639,23	1278,46	349,48	2257	978,54
17	8,7448	153	0,049	719,53	1439,06	379,8	2257	817,94

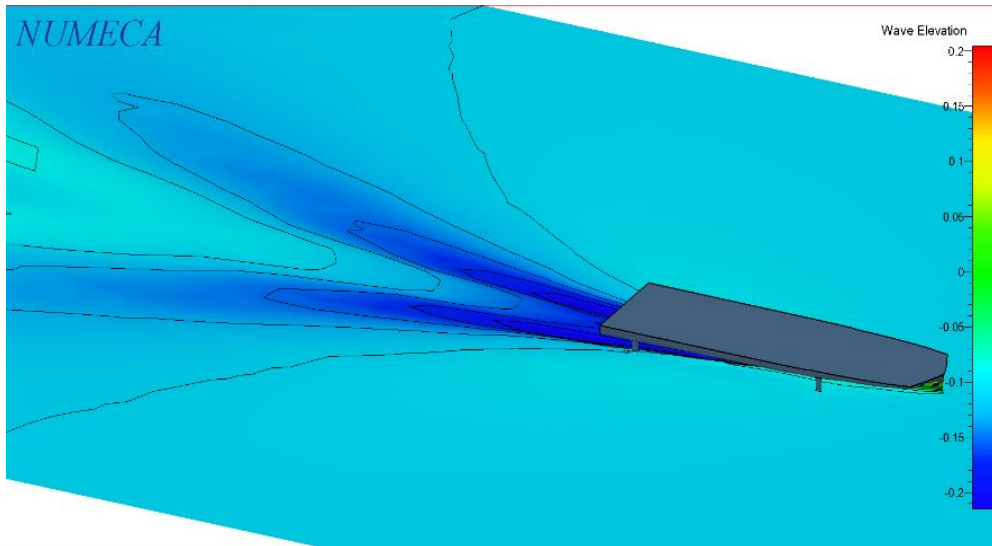
Tabel 21 Gaya Lift Foil Chord 0,04 m

Berdasarkan kedua data hasil running diatas dapat disimpulkan bahwa foil dengan chord 0,05 m adalah foil yang paling optimal yang bisa digunakan pada kapal jalapatih III. Foil dengan Panjang chord 0,05 m bisa digunakan pada kecepatan kapal maksimal yaitu 17 knot dengan displacement sisa setelah penambahan foil adalah sebesar 497,2 N dimana dengan gaya diatas sarat air kapal berada pada ketinggian 0,05 m.

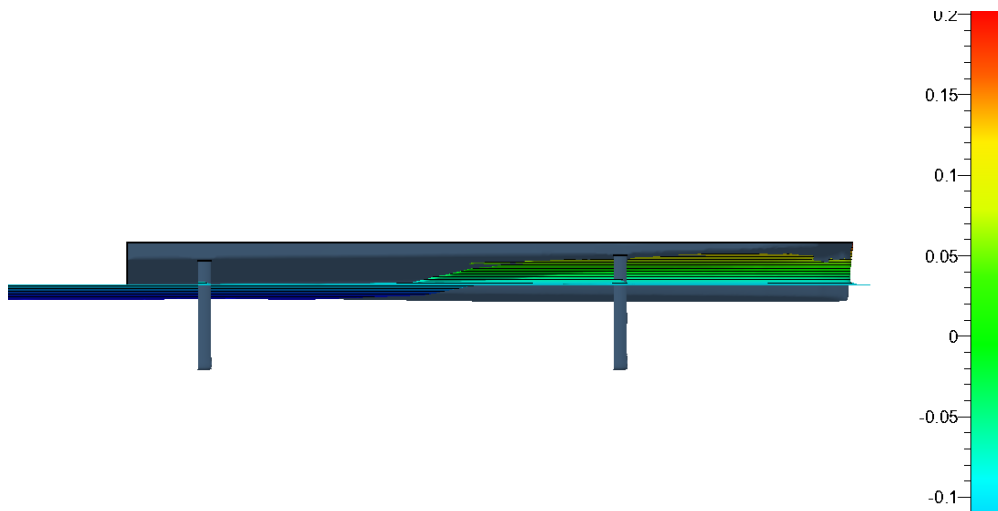


4.8 Analisa Hambatan Disetiap Kecepatan Sarat Air.

Dalam tahap ini dianalisa hambatan kapal dan dibandingkan dengan hambatan kapal sebelum menggunakan hydrofoil tujuannya adalah untuk melihat efek yang ditimbulkan akibat dari penambahan foil.



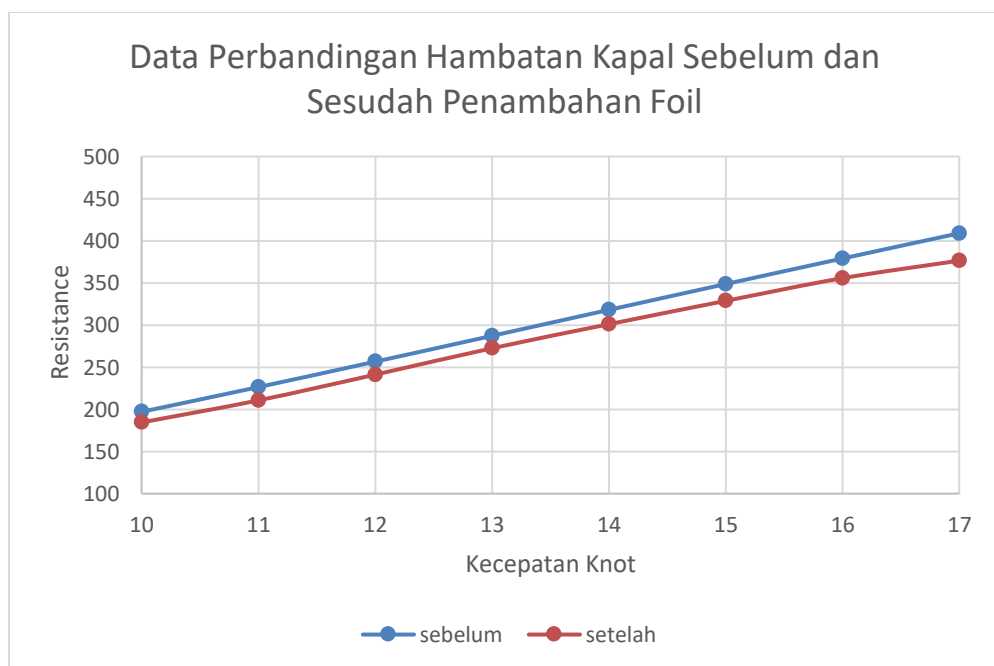
Gambar : Hasil Running CFD



Gambar : Hasil Running CFD

V_Knot	Sebelum Penambahan Foil (N)	Setelah Penambahan Foil (N)
10	197,1	184,48
11	226,4	210,65
12	256,55	241,16
13	287,19	272,48
14	317,97	300,98
15	348,62	328,66
16	378,94	355,58
17	408,87	376,4

Tabel 4.3 Data Perbandingan Hambatan Kapal Sebelum dan Sesudah Penambahan Foil



Grafik 4.3 Data Perbandingan Hambatan Kapal Sebelum dan Sesudah Penambahan Foil

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa penambahan hydrofoil sangat berpengaruh terhadap pengurangan hambatan dari kapal Jalapatih III , grafik biru

menunjukkan nilai yang terus naik hal ini sangat sesuai dengan teori resistance bahwa semakin tinggi kecepatan kapal maka nilai resistance nya akan semakin besar pula.

Grafik kedua menunjukkan grafik perubahan resistance kapal akibat dari penambahan hydrofoil. Pada grafik ini dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi kecepatan kapal, maka semakin tinggi pula lift yang dihasilkan sehingga semakin tinggi pula penurunan sarat airnya yang berdampak pada pengurangan tahanan kapal.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi dan analisa data pada kapal Jalapatih III dengan kondisi seperti yang dijelaskan pada bagian sebelumnya, maka penulis menarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Hydrofoil belakang diletakkan pada posisi 1,06 m dari AP, dan Hydrofoil depan berada pada 1,19 m dari FP.
2. Panjang chord foil yang digunakan adalah 0,05 m.
3. Gaya angkat yang dihasilkan hydrofoil berbanding lurus dengan kecepatan kapal.
4. Sarat air disetiap kecepatan kapal berbanding lurus dengan gaya angkat yang dihasilkan oleh hydrofoil.
5. Hambatan kapal menurun seiring dengan pengurangan sarat kapal yang dihasilkan oleh hydrofoil.
6. Engine , propeller , hull , hydrofoil machining merupakan hal yang harus diperhatikan dalam pendesainan hydrofoil pada kapal.

5.2. SARAN

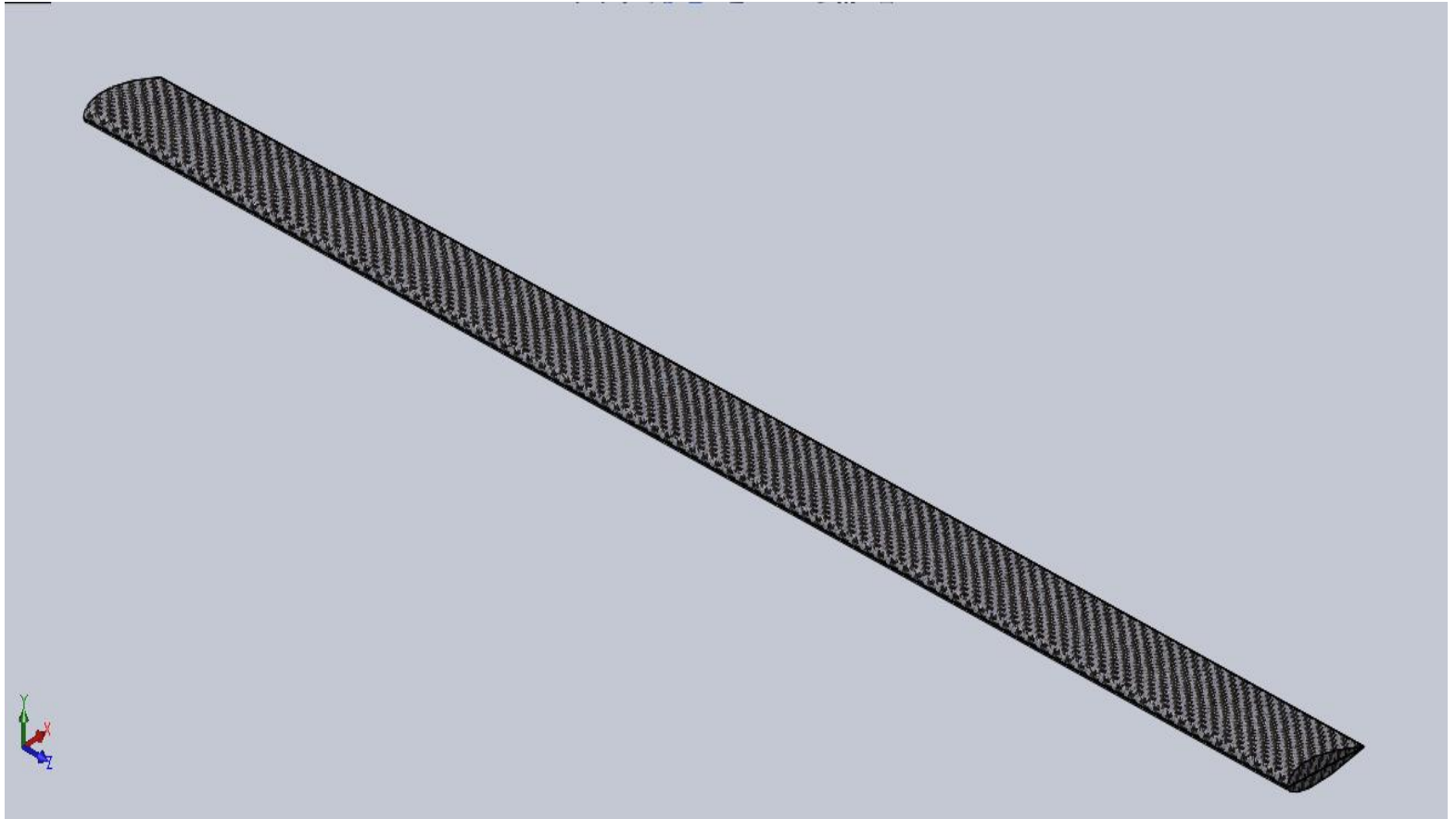
Dari analisa hasil simulasi – simulasi yang telah dilakukan, penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Untuk kedepannya penulis menyarankan untuk mempertimbangkan hal – hal sebagai berikut :

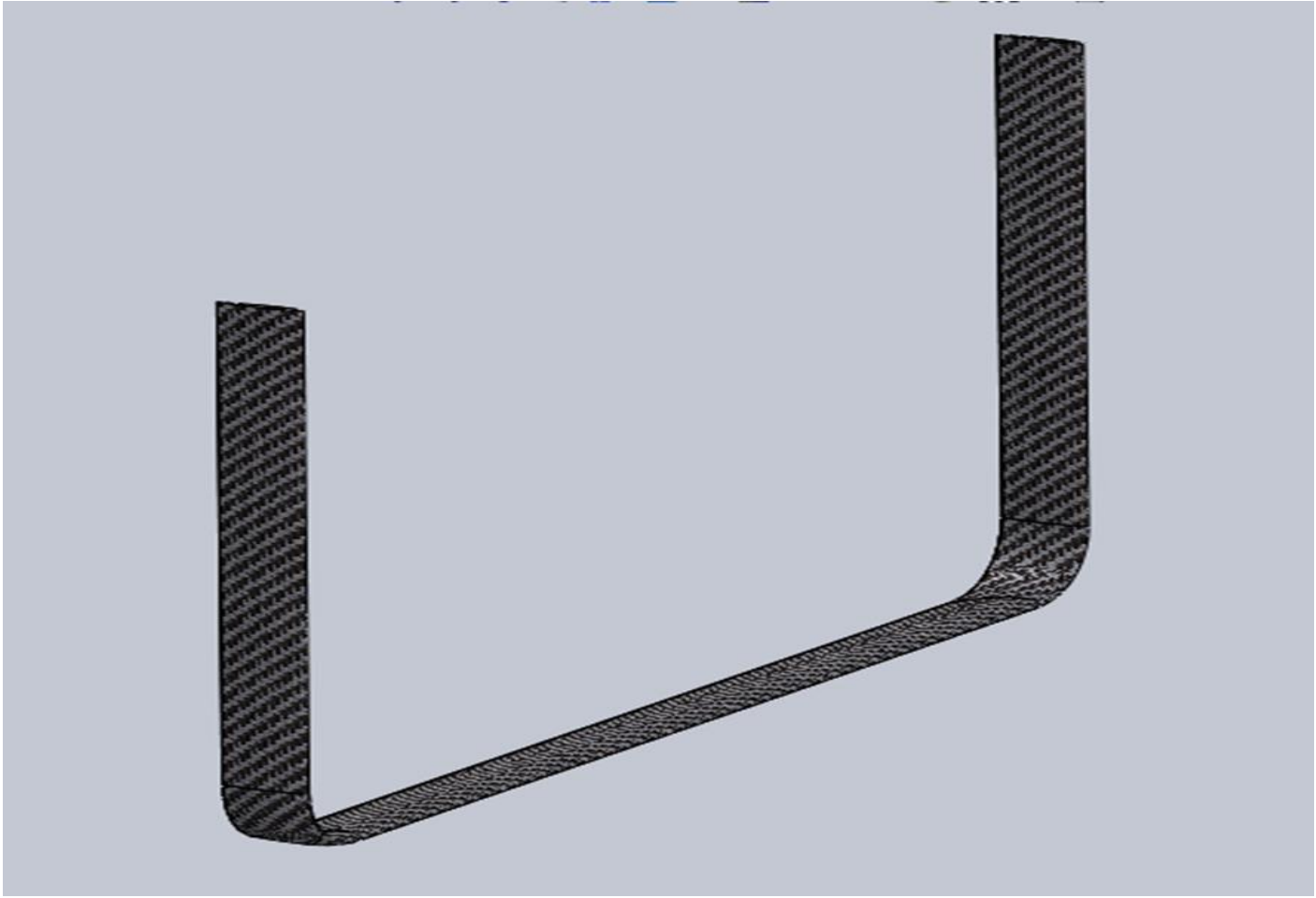
1. Perlu dilakukan *meshing* lebih teratur dan spesifik sesuai panduan dari Numeca agar menghasilkan hasil yang lebih akurat. Namun akan menghasilkan ukuran file yang membutuhkan spesifikasi komputer yang lebih tinggi
2. Perancangan hydrofoil harus mempertimbangkan pengaruh power yang dapat dihasilkan oleh kapal

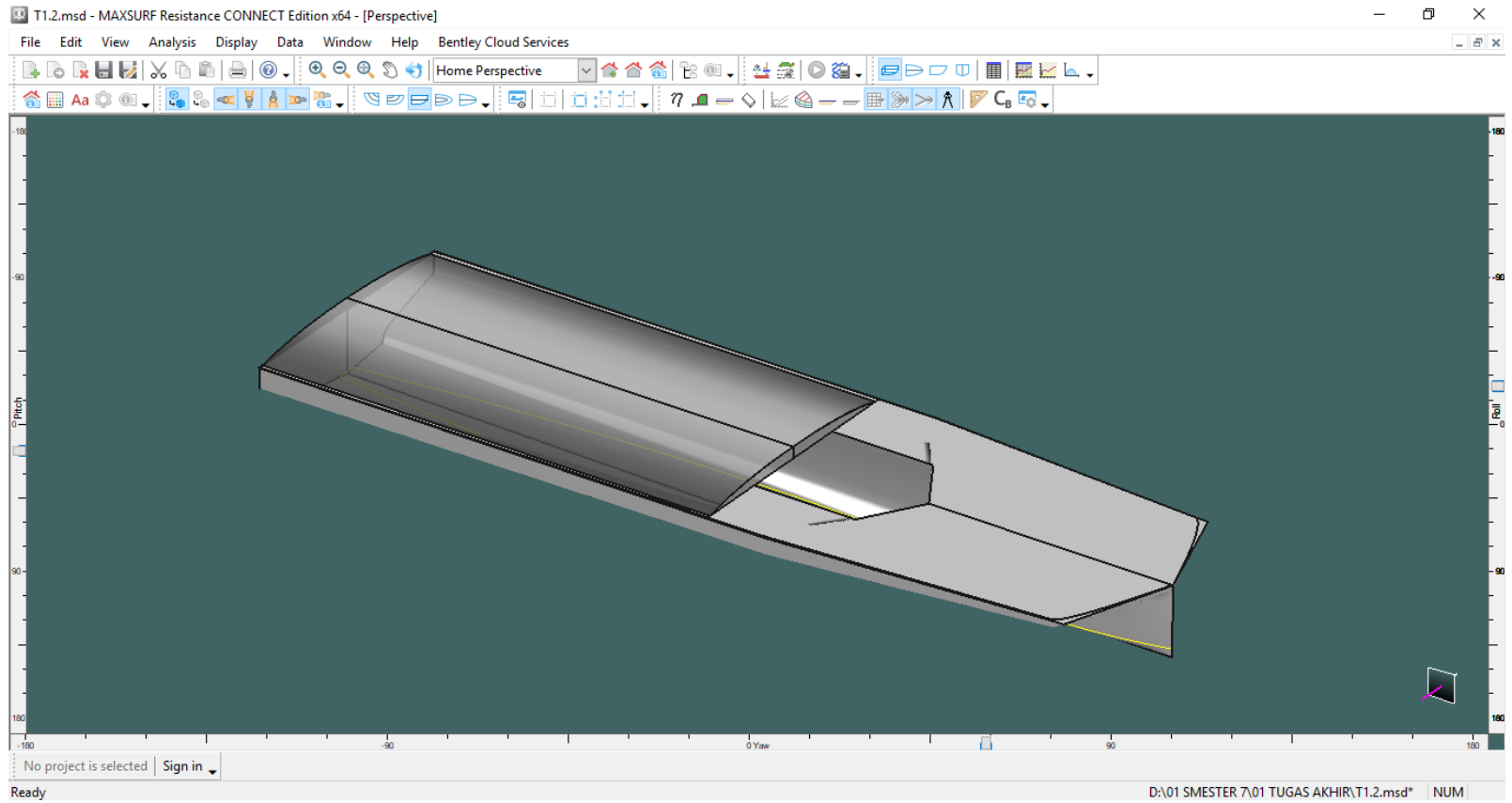
DAFTAR PUSTAKA

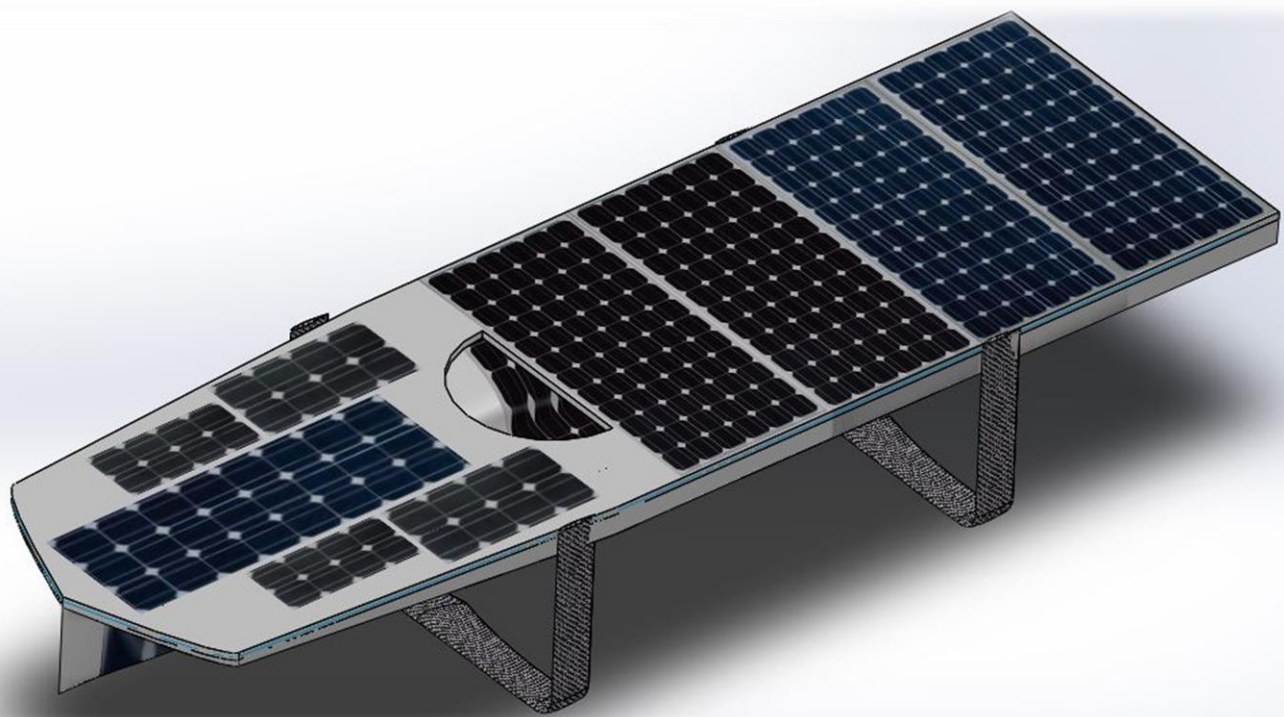
- [1] A.S. Slamet ., Suastika, Ketut. 2012. Kajian Eksperimental Pengaruh Posisi Perletakan Hydrofoil Pendukung Terhadap Hambatan Kapal. Surabaya: Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2] Wonggiawan F, Budiarto U, Rindo G. 2015. Studi Perancangan Hydrofoil Kapal Penumpang Untuk Perairan Kepulauan Seribu. Surabaya (ID): ITS Library.
- [3] Purwanto D, Hantoro R, Utama I. 2010. Kajian Perbaikan Performansi Pada Hydrofoil Kapal Cepat Dengan Penambahan Sirip Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic (CFD). Surabaya (ID): ITS Library.
- [4] Praseno E. 2010. Analisis Pengaruh Sudut Foil Samping Terhadap Kaki Hydrofoil untuk Stabilitas Kapal dengan Pendekatan Free Surface Area CFD. Surabaya (ID): ITS Library.
- [5] Anonim. 2012. Computational Fluid Dynamics. cfd.online.com. [diakses pada 29 Mei 201

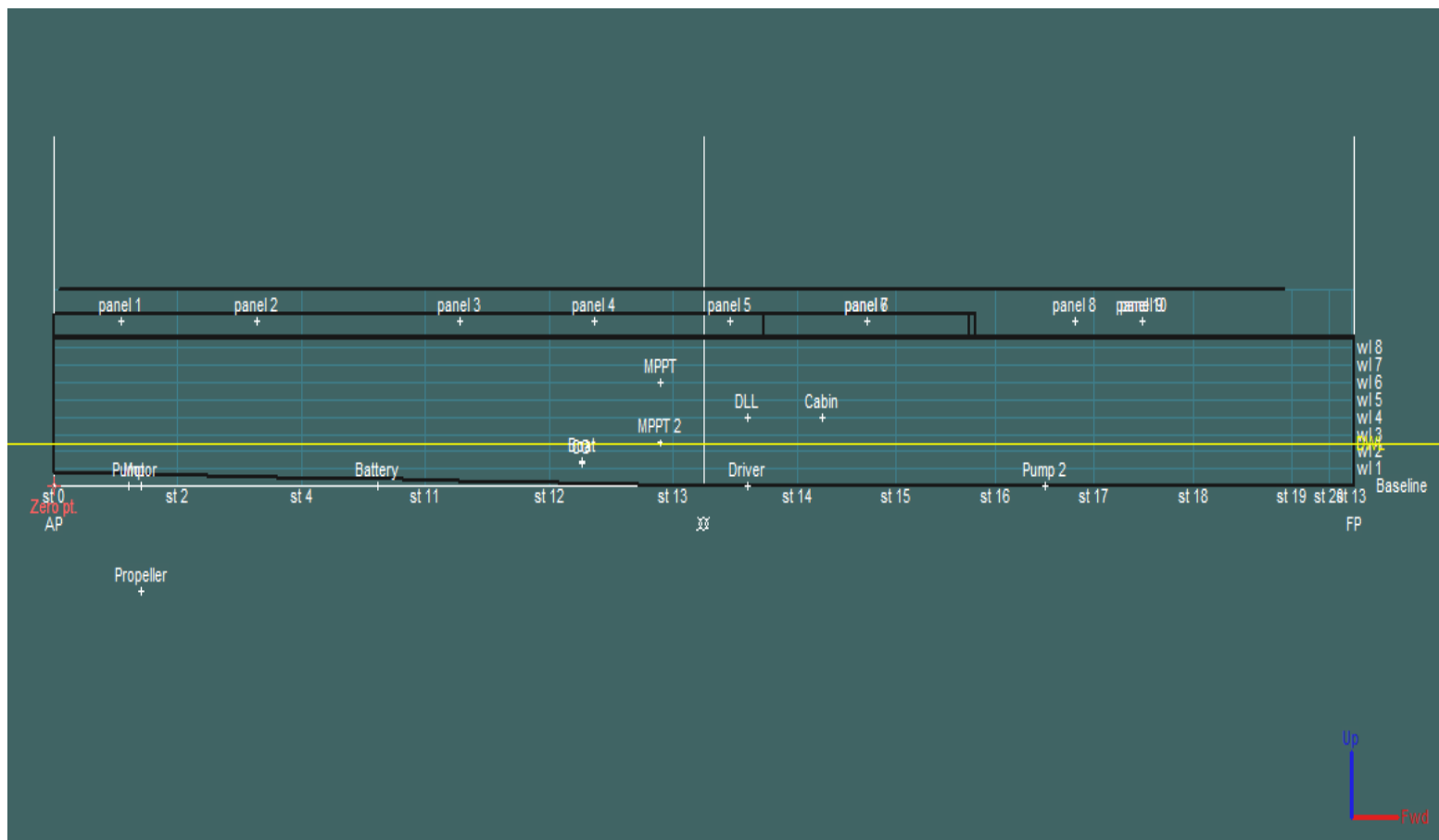
lampiran

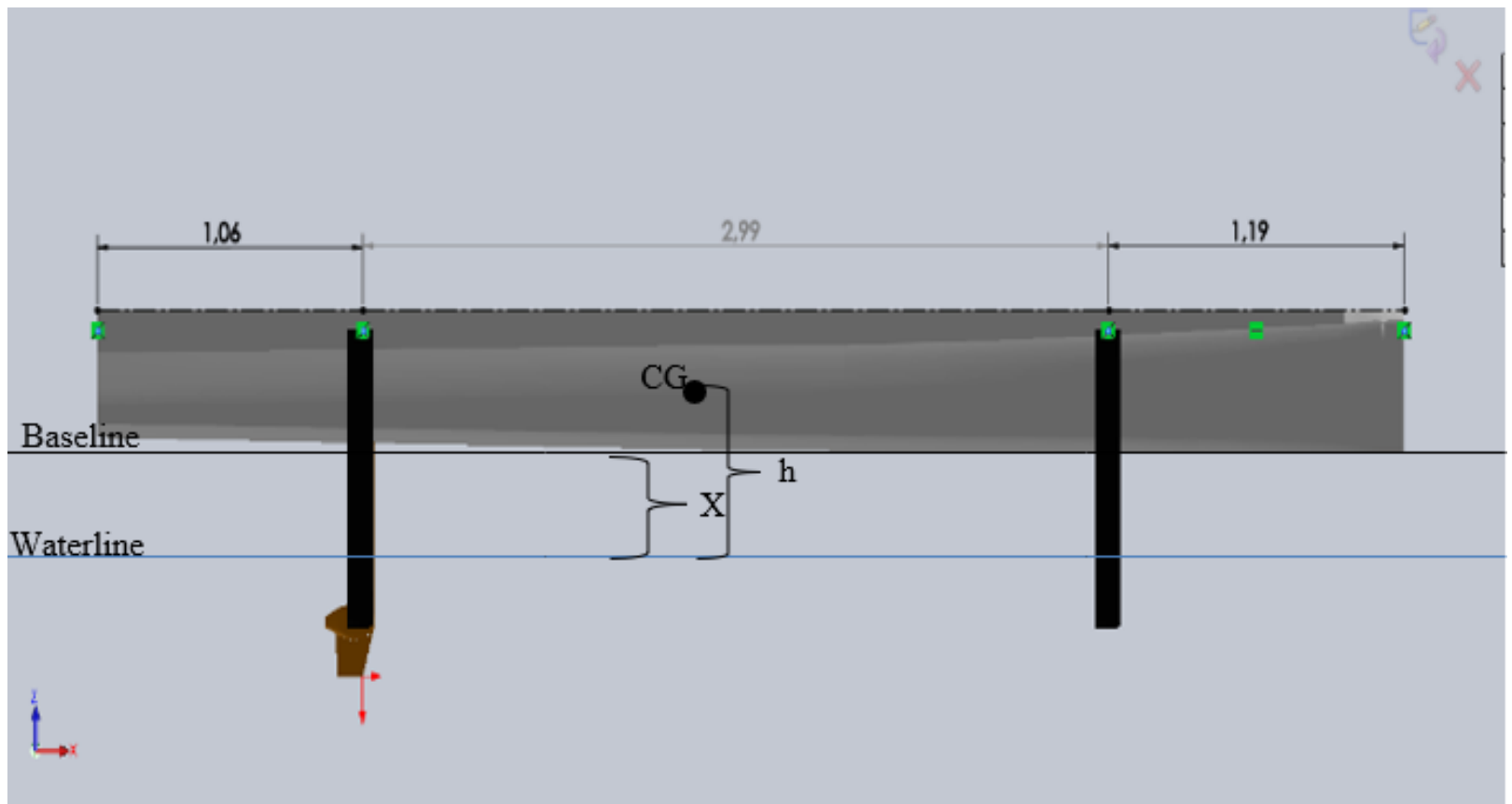


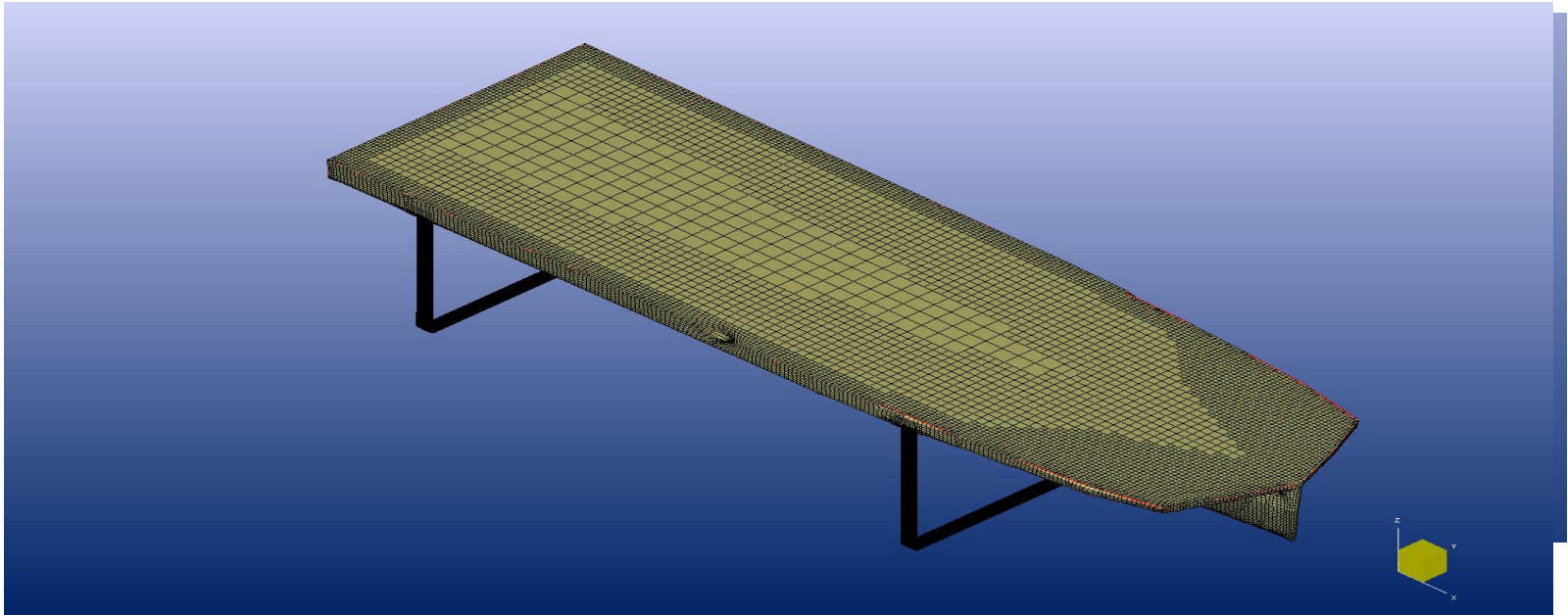




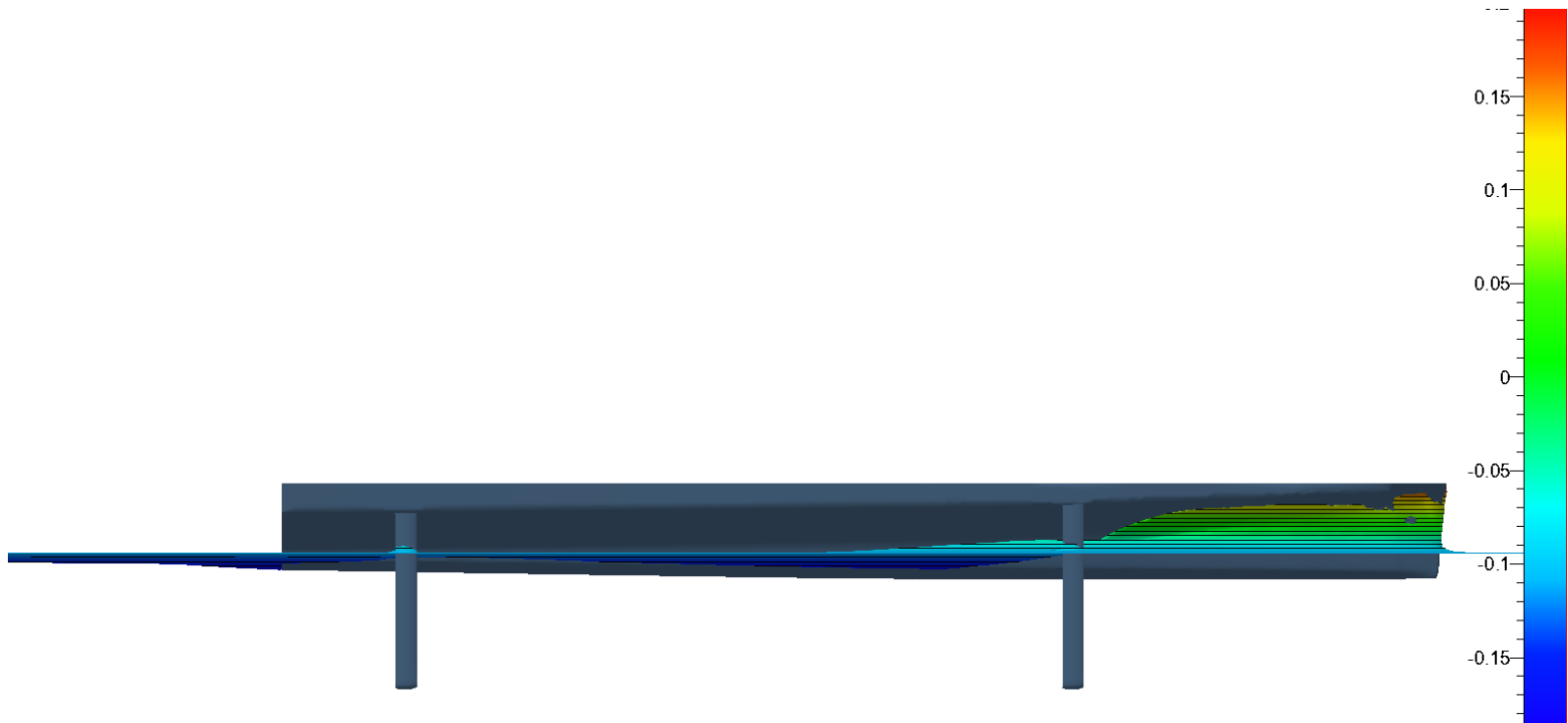




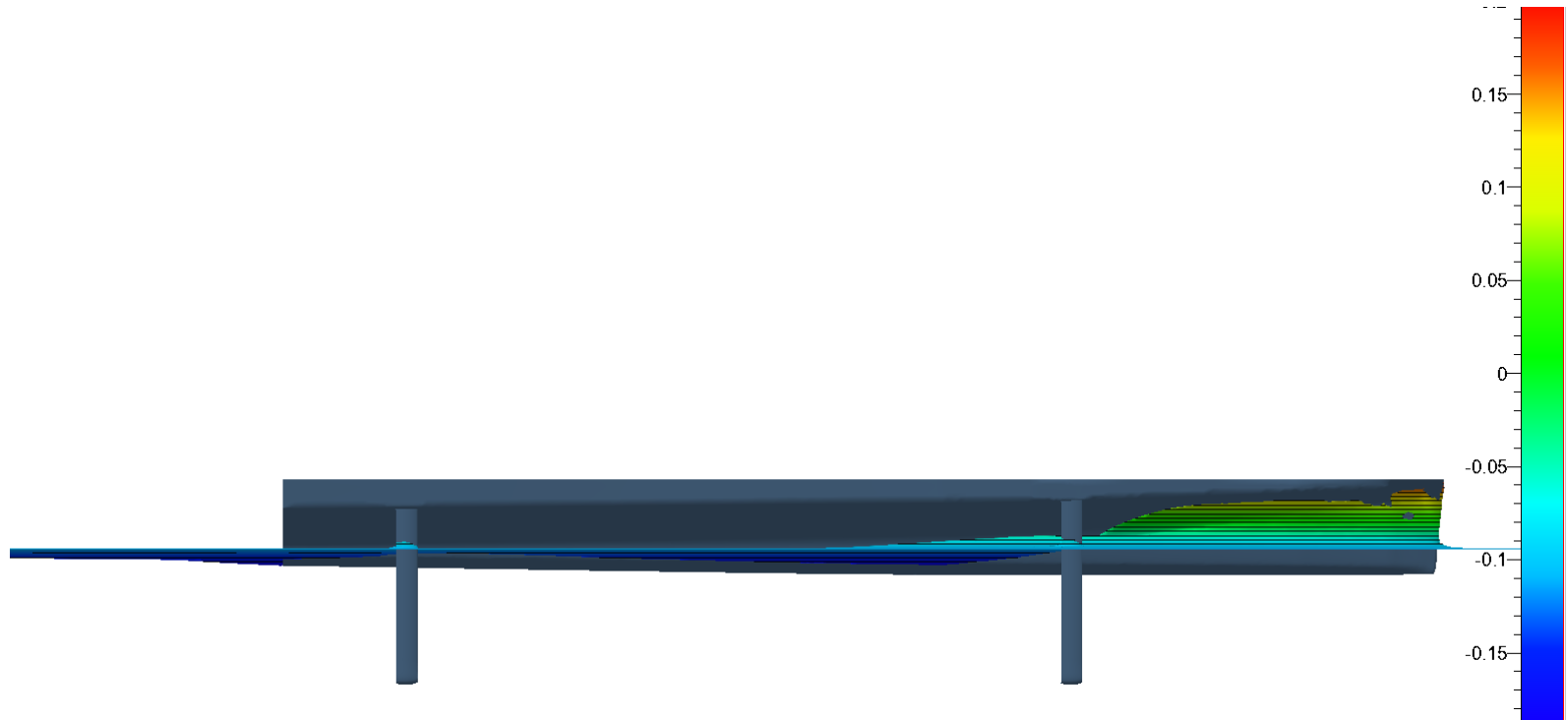




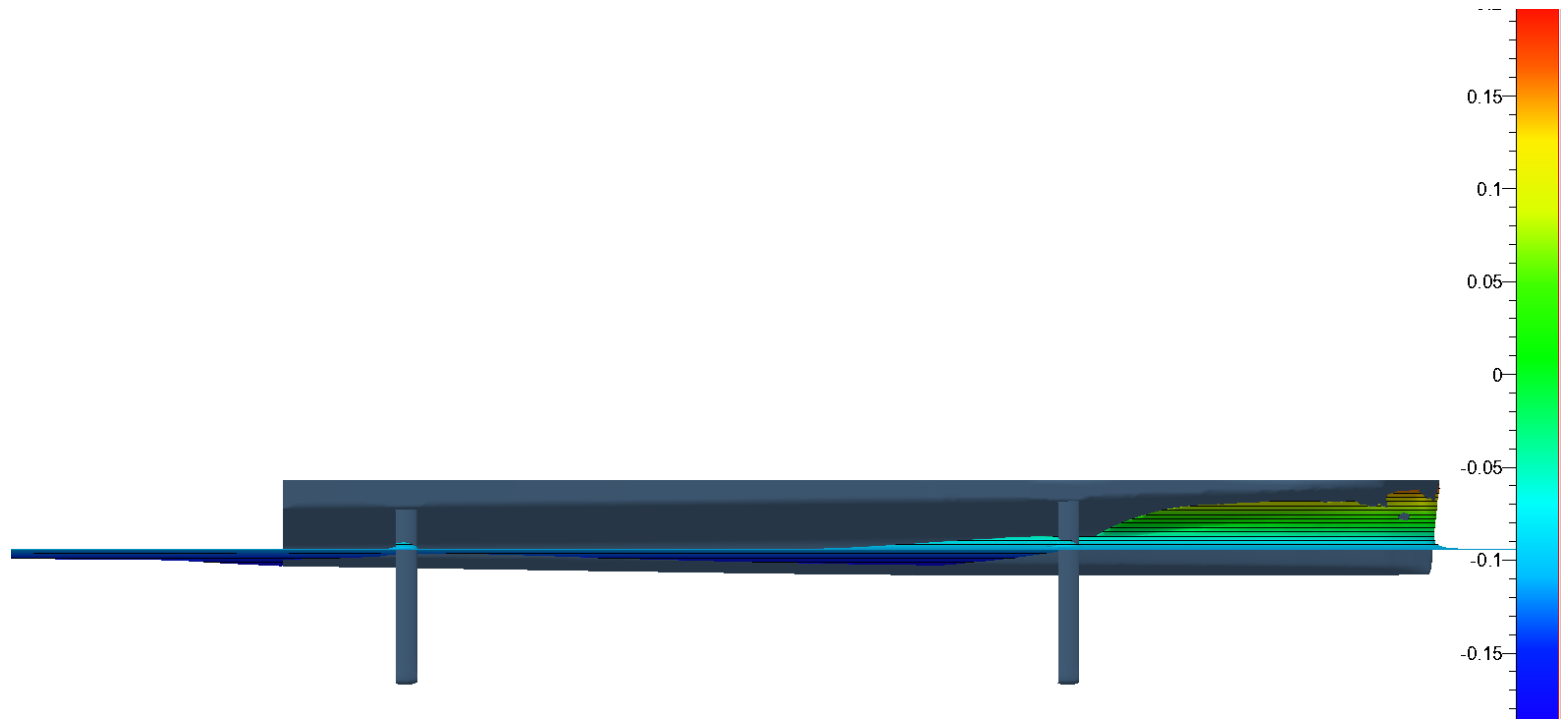
Kecepatan 10 Knot



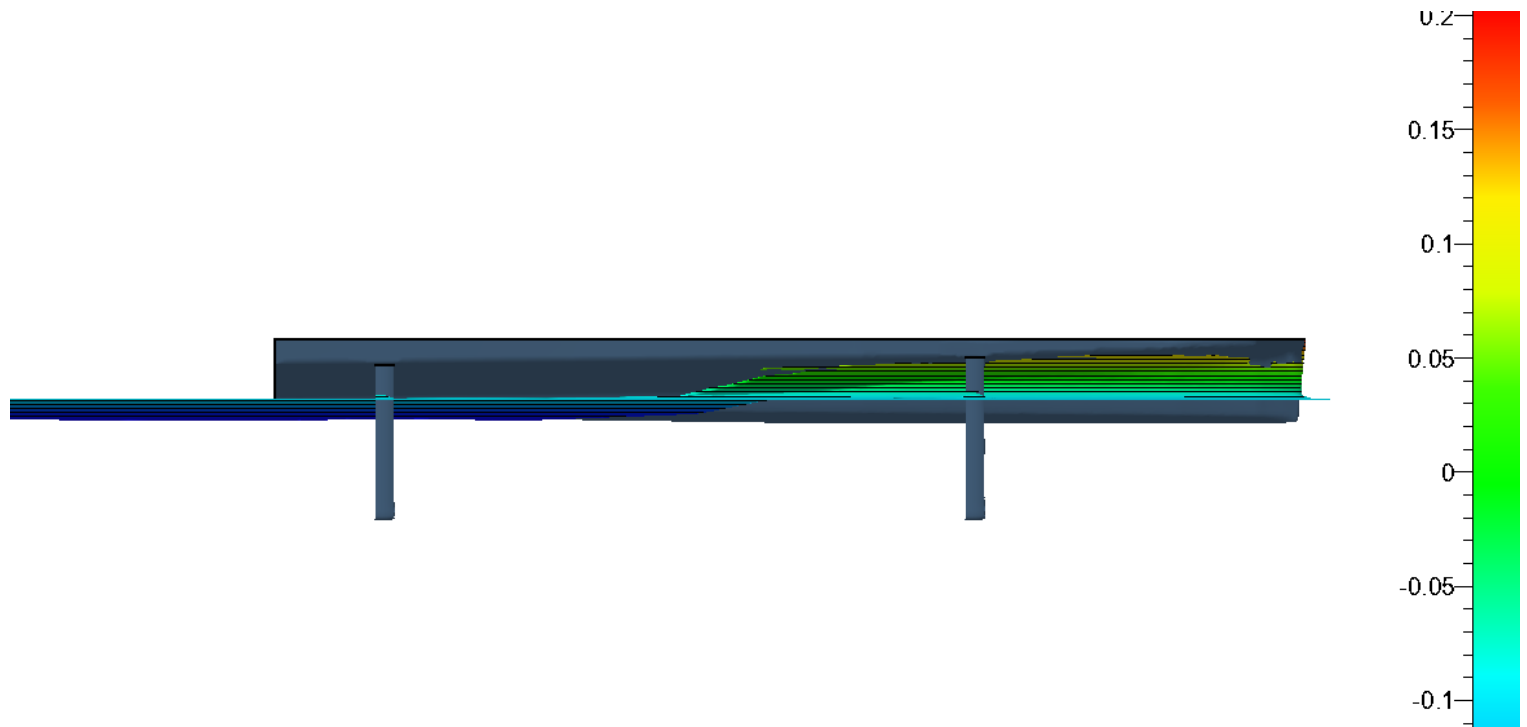
Kecepatan 11 Knot



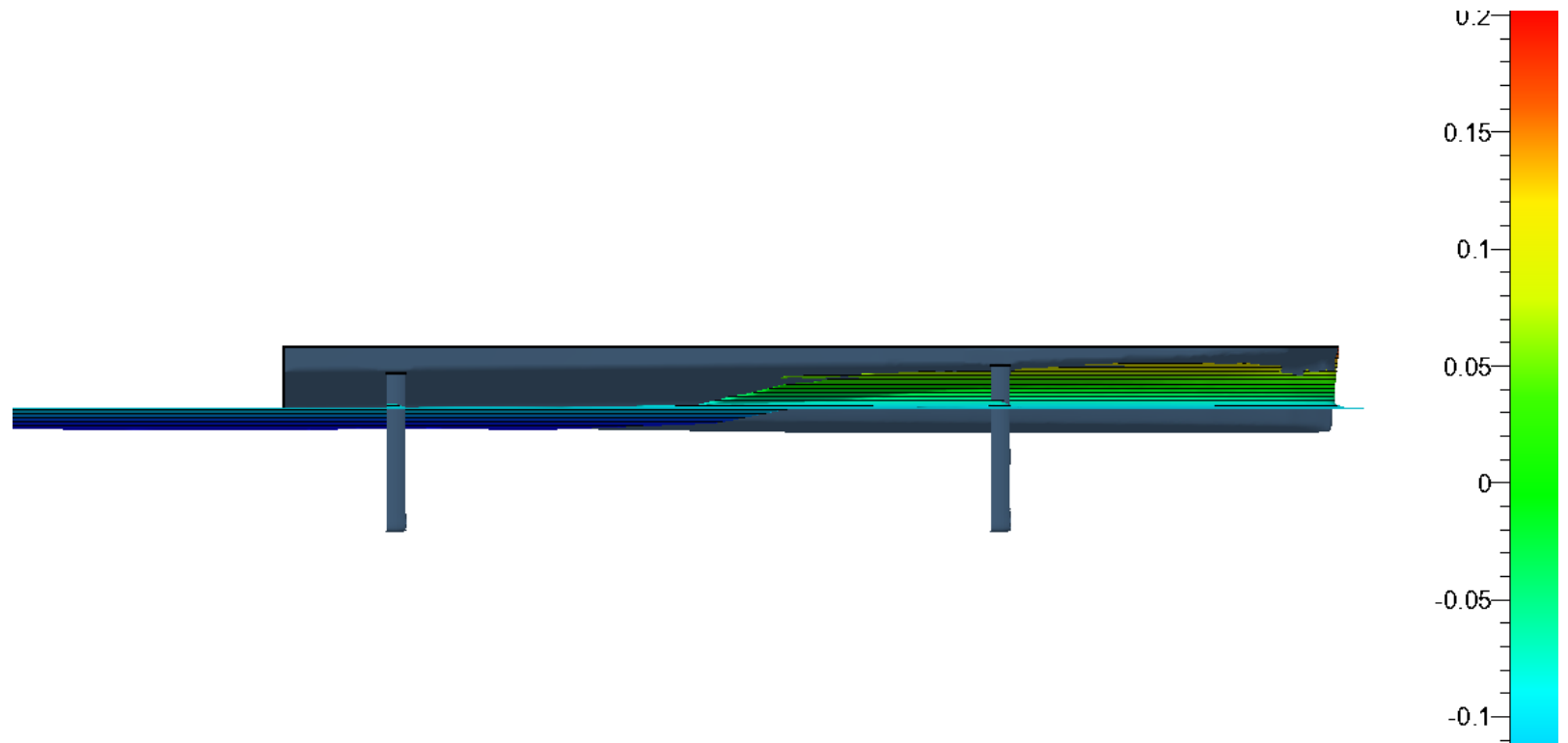
Kecepatan 12 Knot



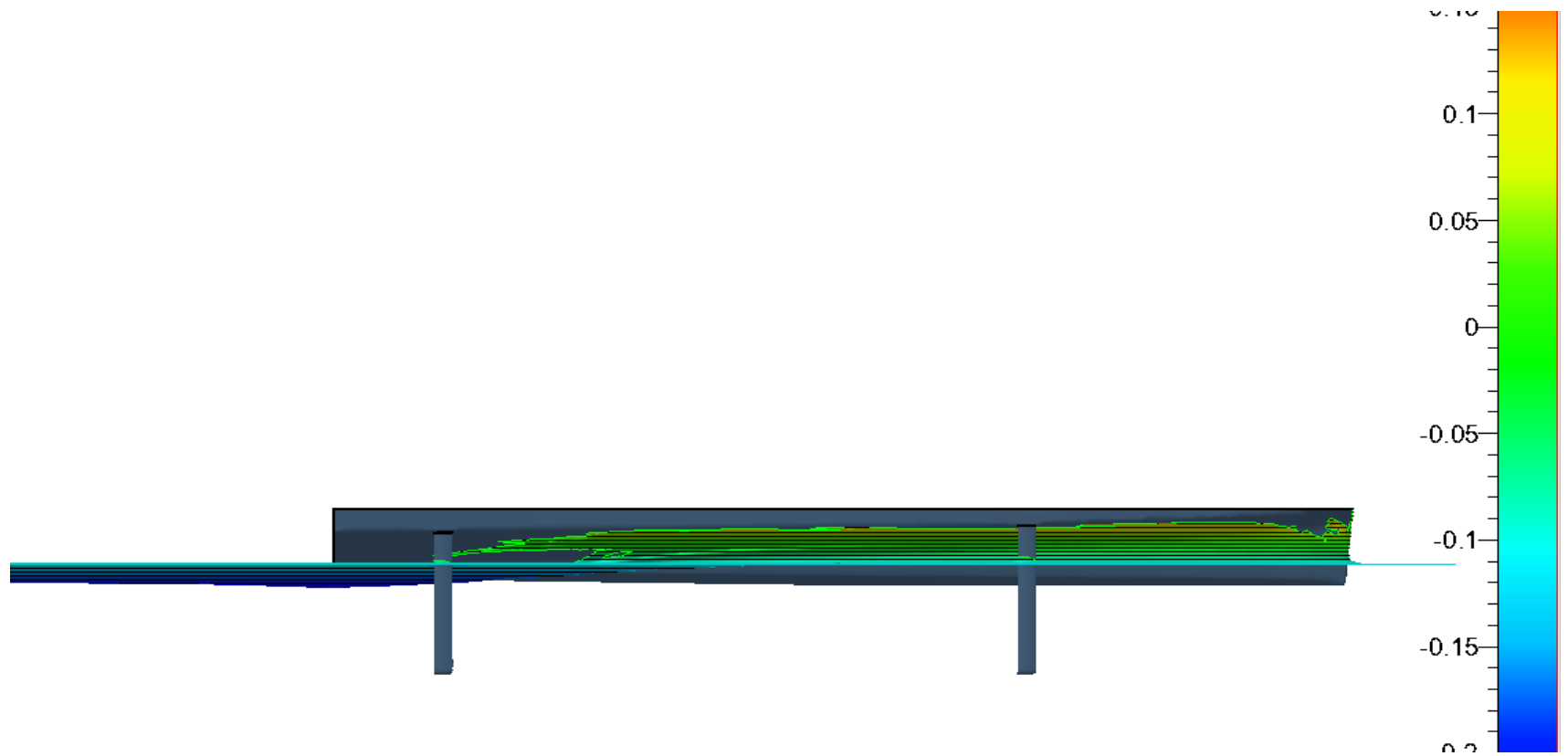
Kecepatan 13 Knot



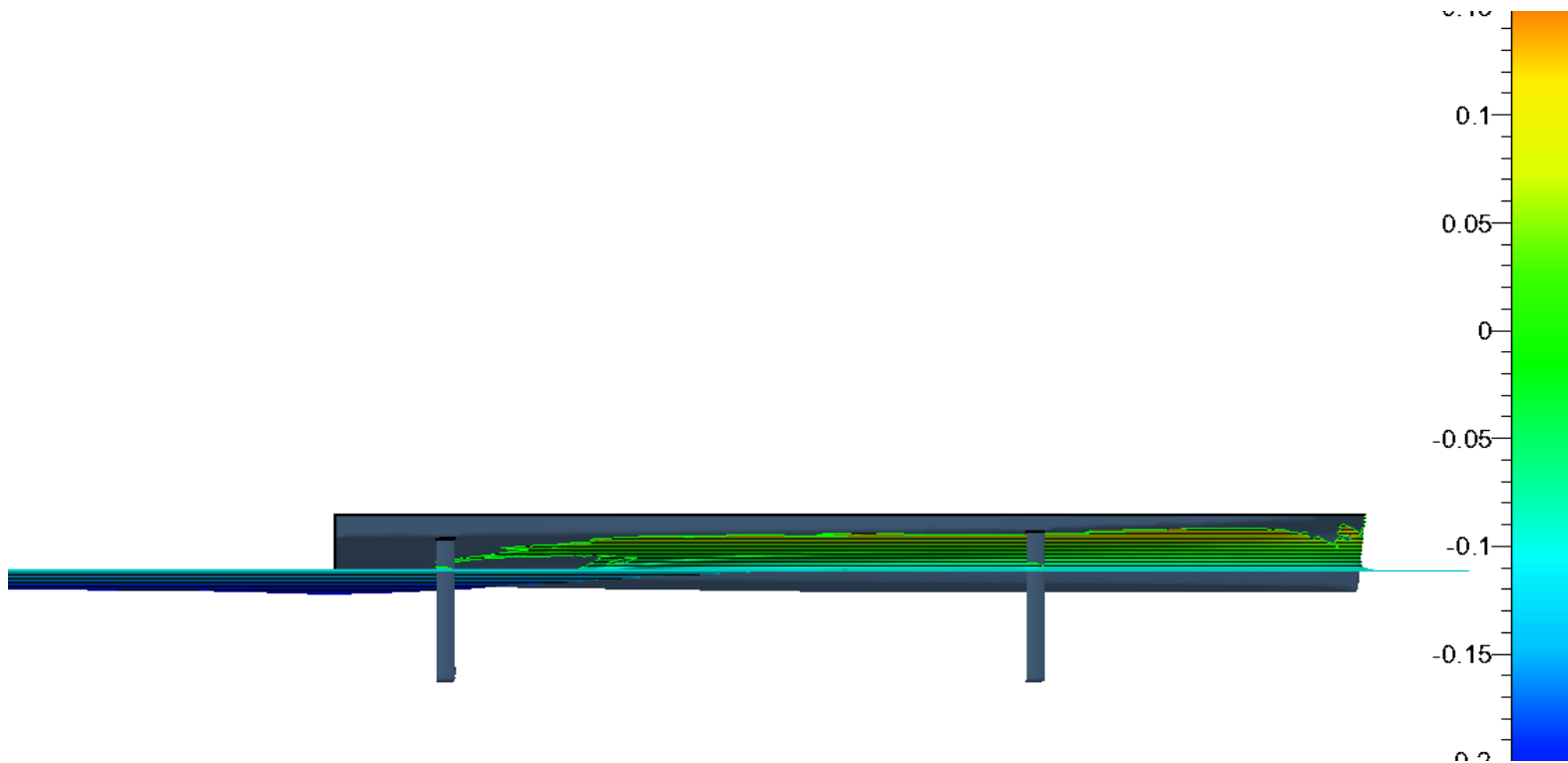
Kecepatan 14 Knot



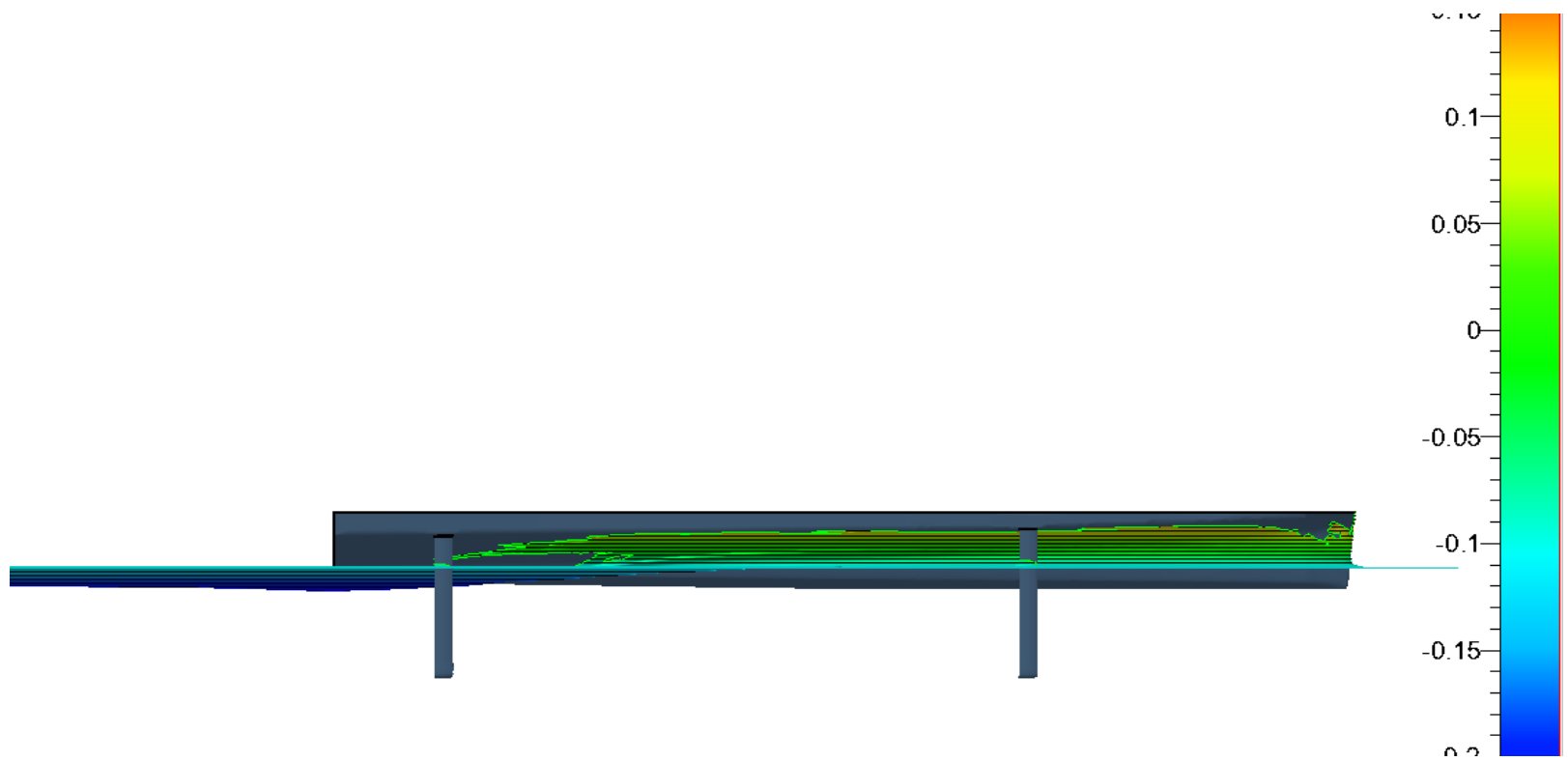
Kecepatan 15 Knot

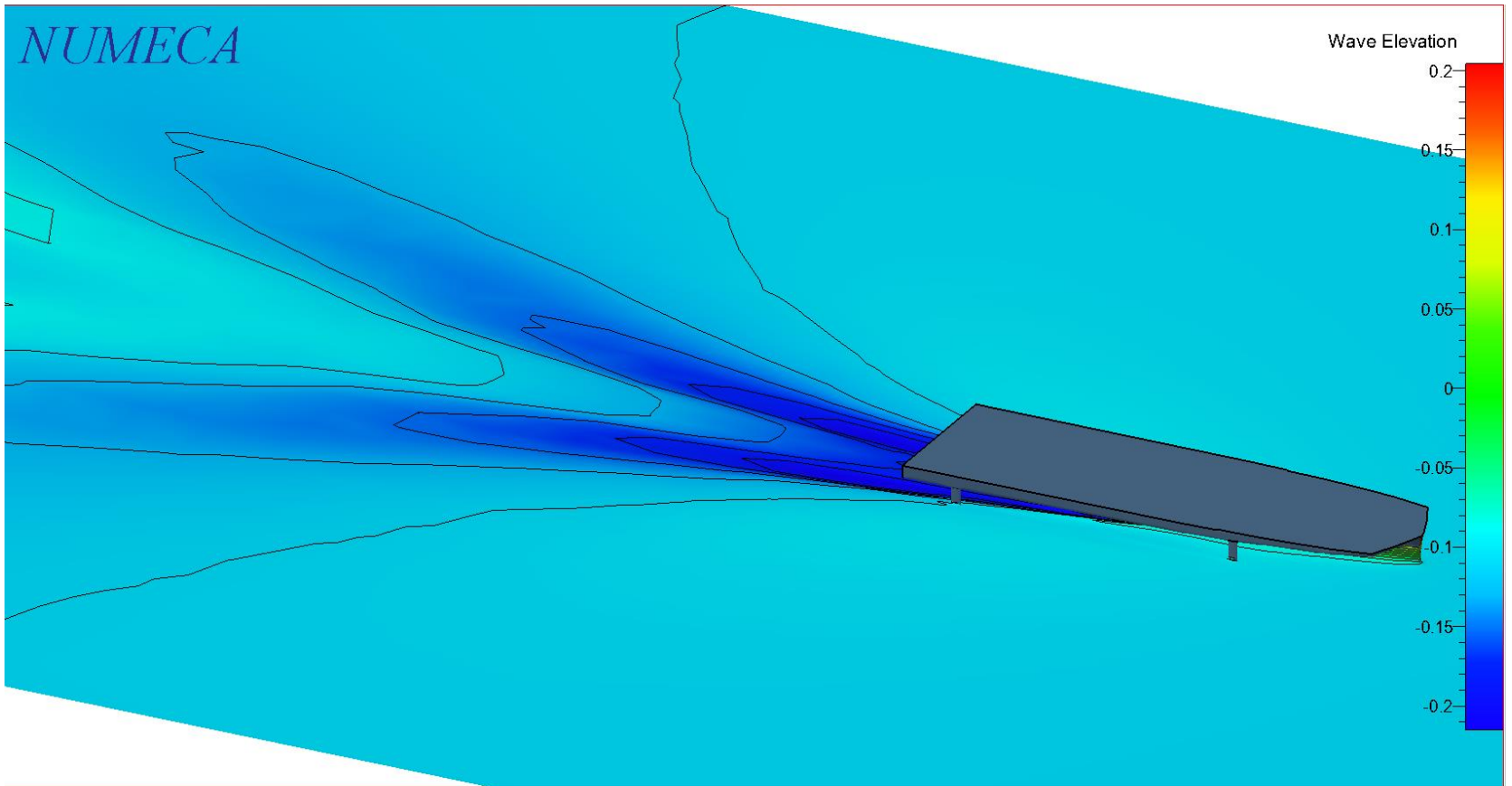


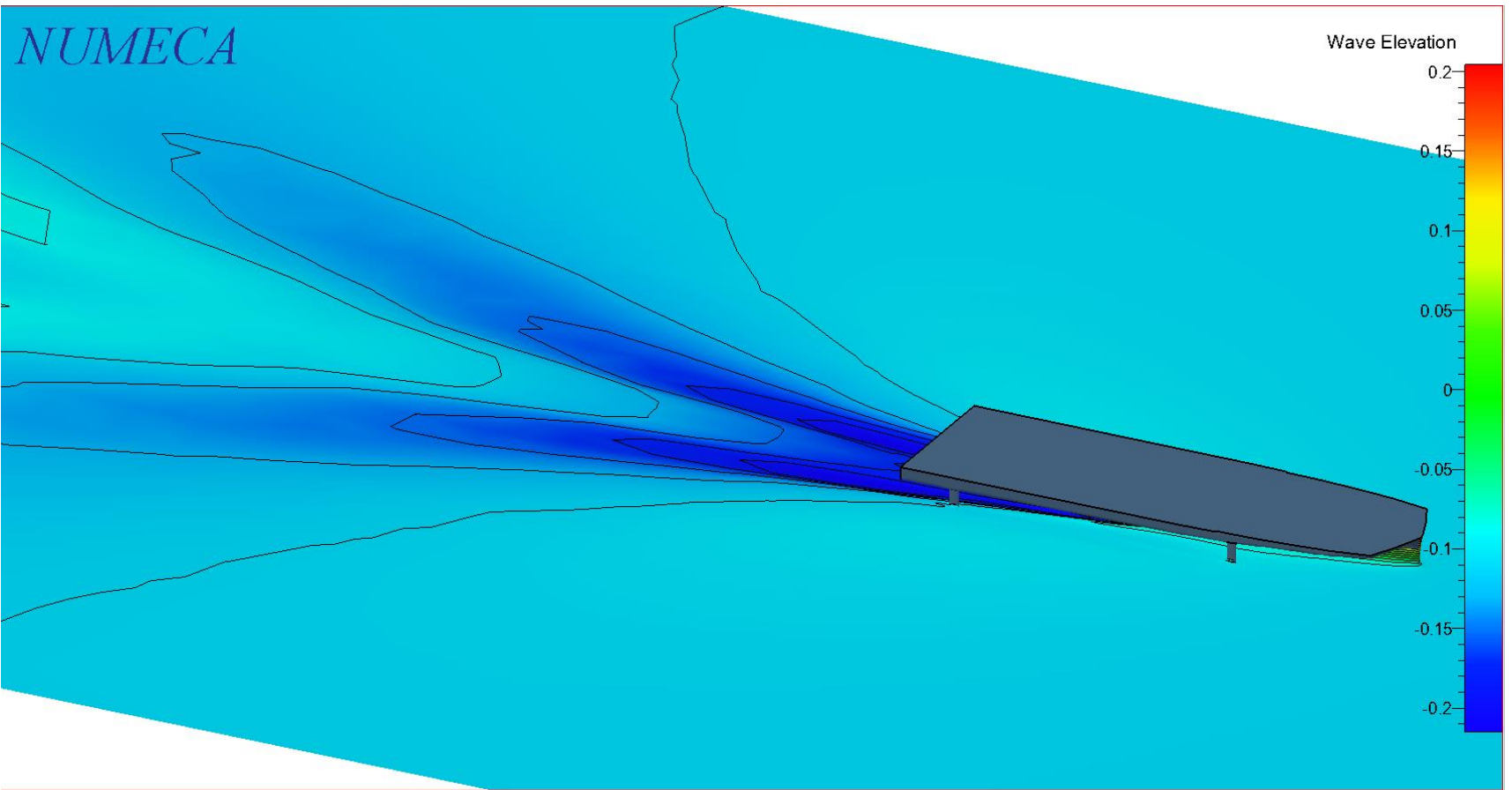
Kecepatan 16 Knot



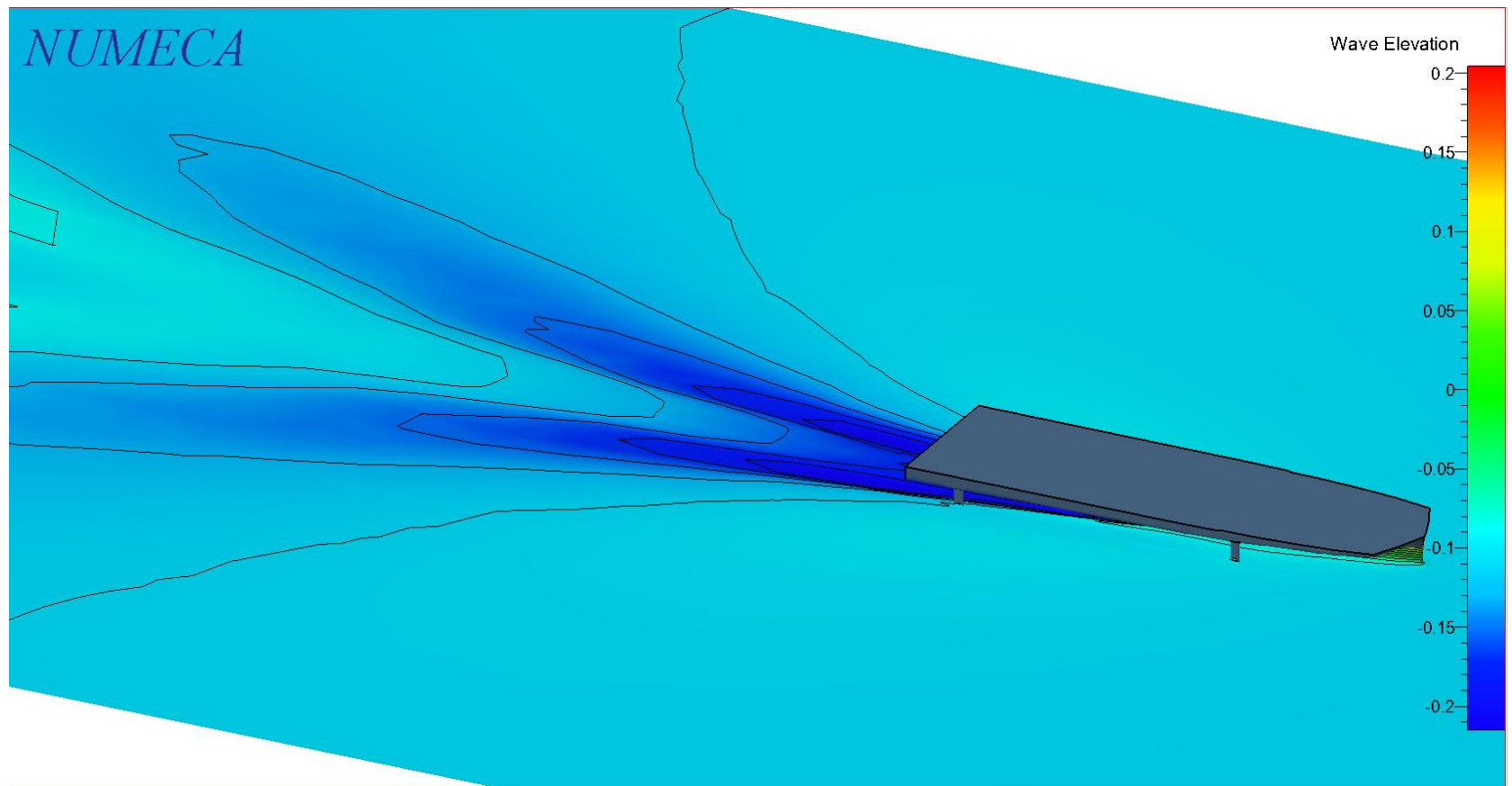
Kecepatan 17 Knot



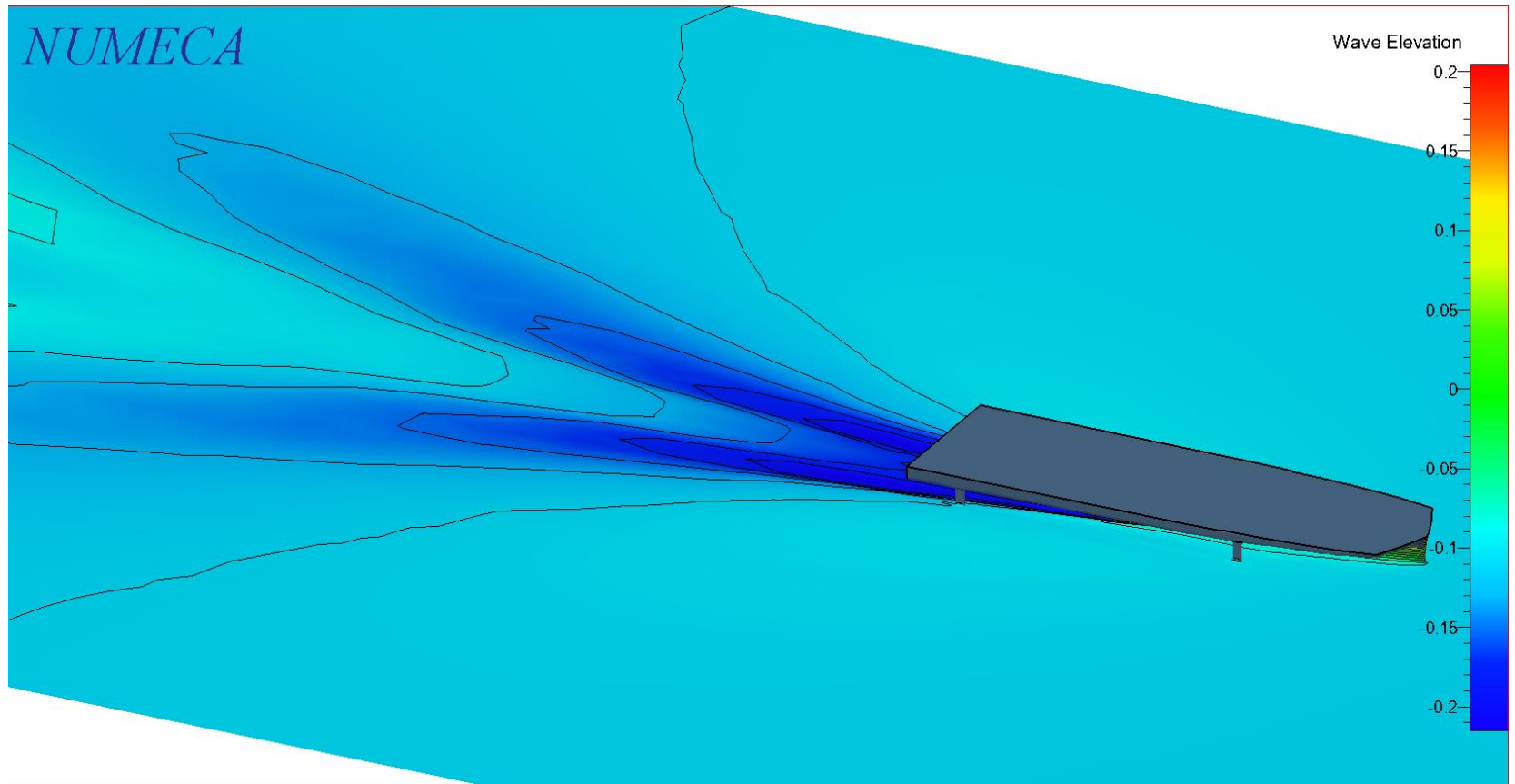




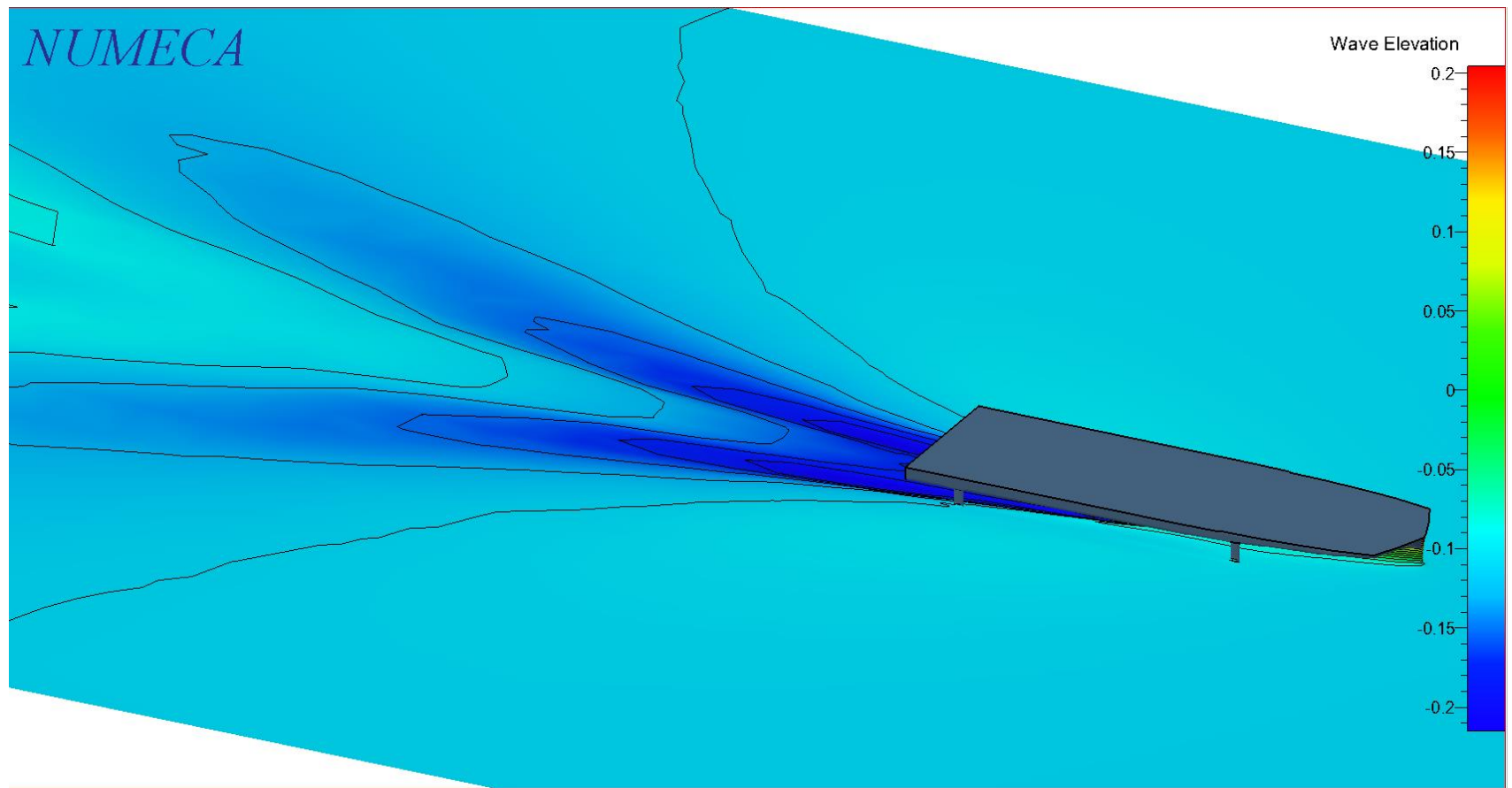
Kecepatan 12 Knot



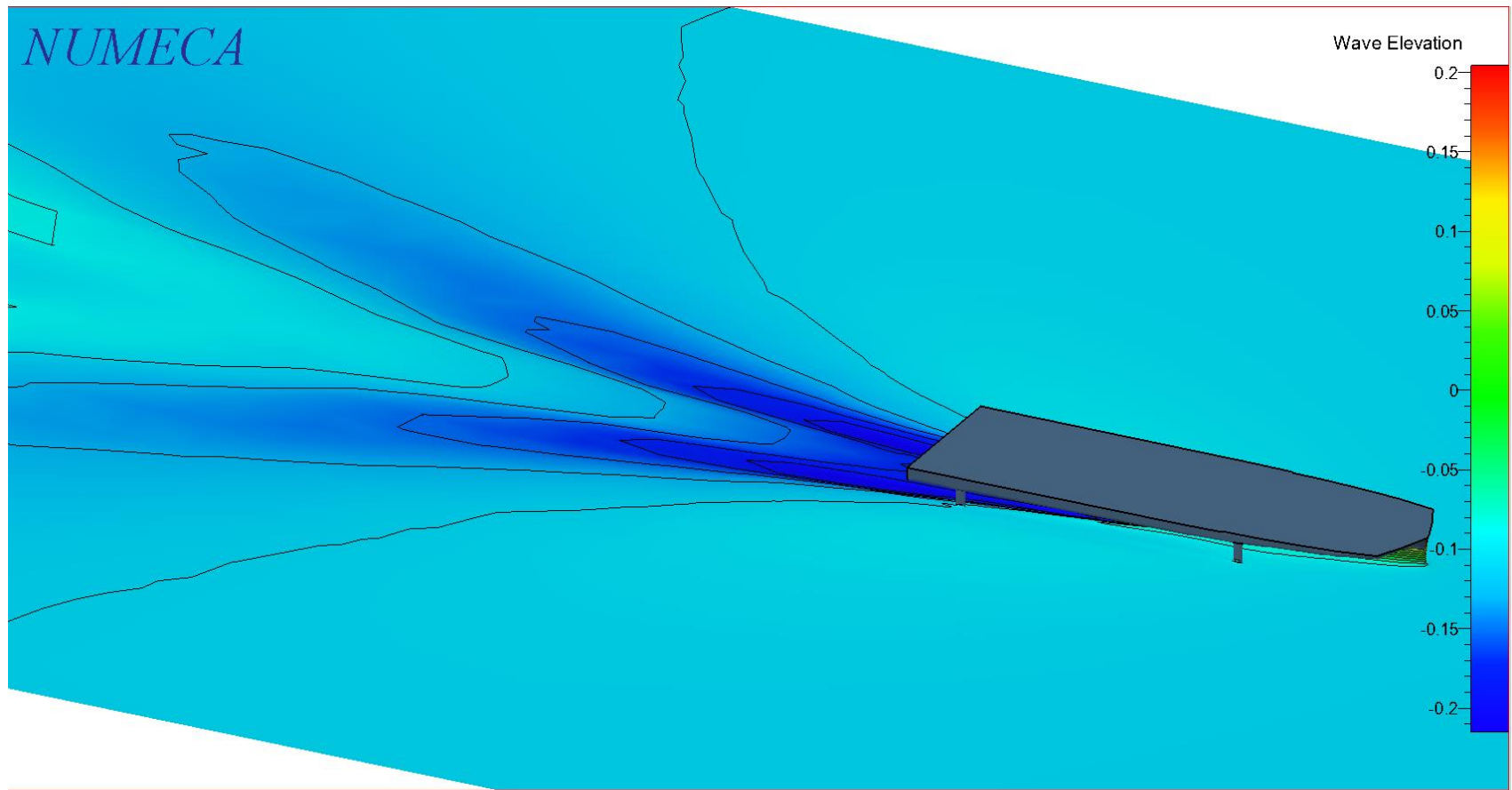
Kecepatan 13 Knot



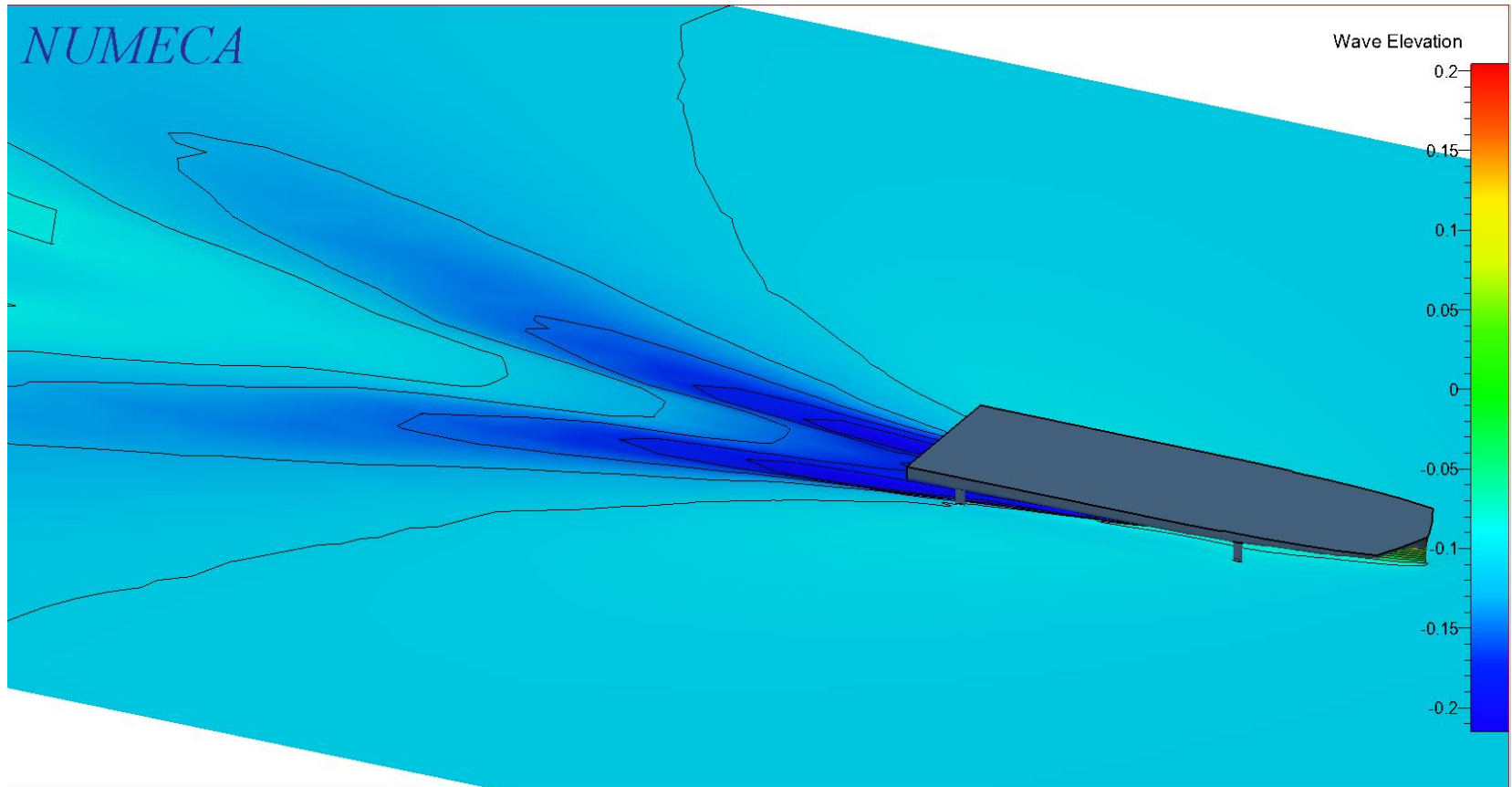
Kecepatan 14 Knot



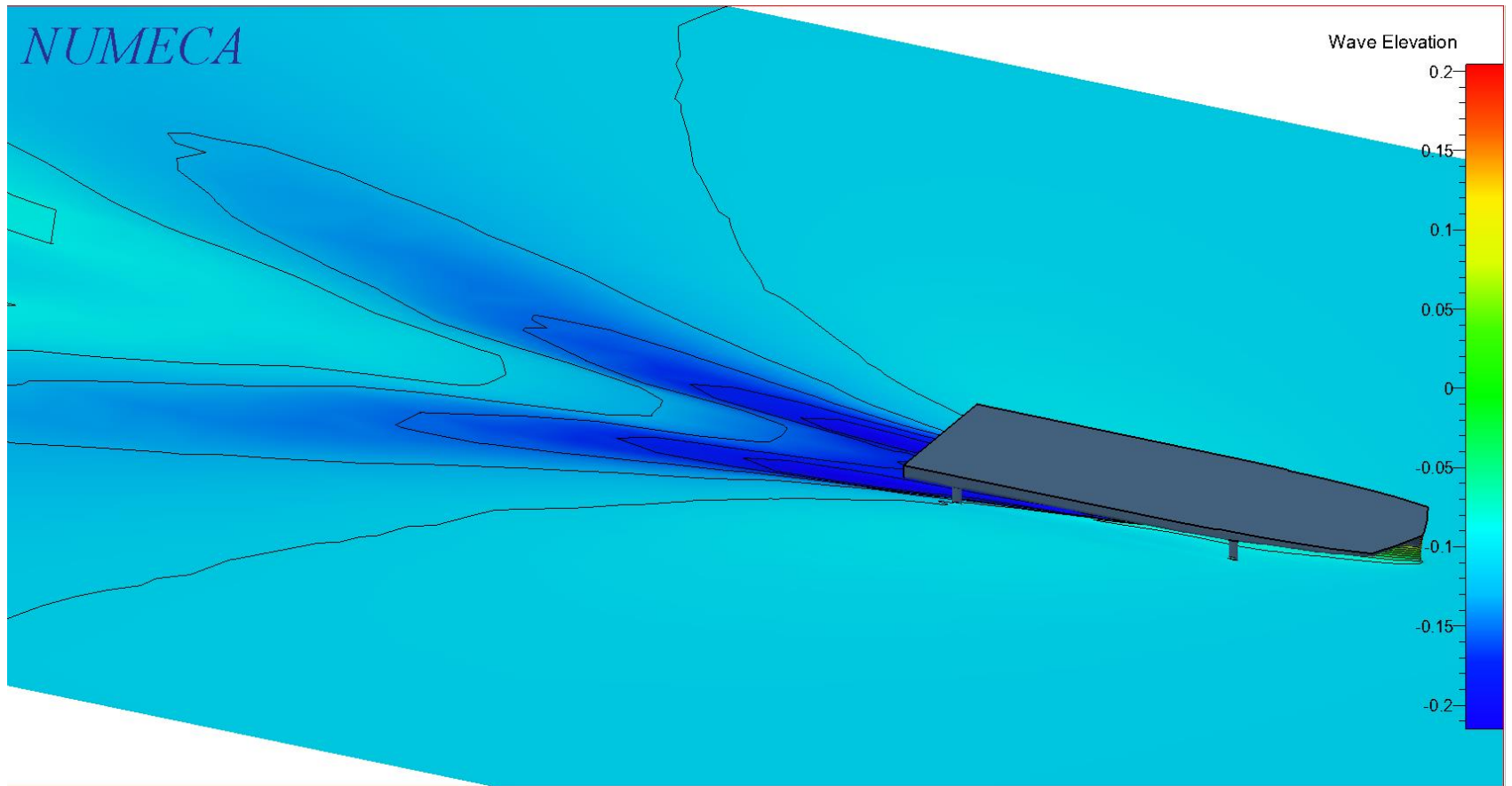
Kecepatan 15 Knot



Kecepatan 16 Knot



Kecepatan 17 Knot



	Item Name	Quantity	Unit Mass kg	Total Mass kg	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM kg.m	FSM Type
1	Boat	1	65,0	65,0			2,130	0,000	0,073	0,000	User Speci
2	Pump	1	0,4	0,4			0,300	0,050	0,000	0,000	User Speci
3	Pump 2	1	0,4	0,4			4,000	0,050	0,000	0,000	User Speci
4	MPPT	1	1,0	1,0			2,450	0,000	0,300	0,000	User Speci
5	MPPT 2	1	1,0	1,0			2,450	0,000	-0,300	0,000	User Speci
6	DLL	1	3,0	3,0			2,800	0,000	0,200	0,000	User Speci
7	Foil 1	1	5,0	5,0			0,980	0,000	-0,400	0,000	User Speci
8	Foil 2	1	5,0	5,0			4,000	0,000	-0,400	0,000	User Speci
9	panel 1	1	1,6	1,6			0,273	0,000	0,477	0,000	User Speci
10	panel 2	1	1,6	1,6			0,819	0,000	0,477	0,000	User Speci
11	panel 3	1	1,6	1,6			1,638	0,000	0,477	0,000	User Speci
12	panel 4	1	1,6	1,6			2,184	0,000	0,477	0,000	User Speci
13	panel 5	1	1,6	1,6			2,730	0,000	0,477	0,000	User Speci
14	panel 6	1	0,8	0,8			3,285	0,500	0,477	0,000	User Speci
15	panel 7	1	0,8	0,8			3,285	-0,500	0,477	0,000	User Speci
16	panel 8	1	1,6	1,6			4,124	0,000	0,477	0,000	User Speci
17	panel 9	1	0,8	0,8			4,393	0,419	0,477	0,000	User Speci
18	panel 10	1	0,8	0,8			4,393	-0,419	0,477	0,000	User Speci
19	Driver	1	70,0	70,0			2,800	0,000	0,000	0,000	User Speci
20	Battery	1	8,0	8,0			1,310	0,000	0,000	0,000	User Speci
21	Propeller	1	0,4	0,4			1,000	0,000	-0,300	0,000	User Speci
22	Motor&Propulsion	1	30,0	30,0			0,350	0,000	0,000	0,000	User Speci
23	Cabin	1	8,0	8,0			3,100	0,000	0,200	0,000	User Speci
24	Total Loadcase			210,0	0,000	0,000	2,151	0,000	0,043	0,000	
25	FS correction								0,000		
26	VCG fluid								0,043		

the current analysis mode

D:\01 TUGAS AKHIR\T1.2.msdx NUM 63 stations; Skin-N; Highest; Cor.VCG

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Kota Banyuwangi pada tanggal 18 mei 1995.merupakan anak pertama dari dua bersaudara.Prnulis telah menempuh Pendidikan formal di SDN 1 Kebaman Srono Banyuwangi, SMPN 1 Srono Banyuwangi, dan SMAN 1 Genteng Banyuwangi. Penulis kemudian melanjutkan studi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tahun 2014 pada S1 Depaetemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi kelautan melalui jalur SBMPTN

dan terdaftar dengan nomor registrasi peserta didik 04211440000079.Selama masa studi di ITS, Penulis aktif mengikuti kegiatan di UKM KSR PMI ITS dengan menjabat sebagai kepala divisi pengabdian masyarakat periode 2015/2016. Penulis juga tergabung sebagai tim design di ITS Marine Solar Boat Team periode 2014/2016.selain itu penulis juga bergabung dengan laboratorium *Marine Manufacture Design* (MMD) sebagai kepala divisi development laboratorium Penulis memiliki banyak pengalaman terkait dengan design dan manufaktur beberapa diantaranya adalah menjadi tutor pelatihan design propeller untuk mahasiswa pasca sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan,menjadi tutor software maxsurf, STAAD PRO, Solidwork, Autocad, serta tergabung dalam penelitian pembangkit listrik tenaga arus laut. Selama masa studinya di ITS penulis juga menorehkan beberapa prestasi dibidang akademik diantaranya adalah Juara II Internation Ferry Safety Ship Design Competition yang diadakan oleh *International Maritime Organisation* (IMO).